COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUATRE-VINGT-DIX-NEUVIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1934.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1934

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUILLET 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 29 juin 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Langevin** pour occuper dans la Section de Physique la place vacante par le décès de M. *P. Villard*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Paul Langevin** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Vito Volterra**, Associé étranger de l'Académie et à M. le Frère **Marie Victorien**, professeur de Botanique à l'Université de Montréal, Président de la *Royal Society of Science* du Canada, qui assistent à la séance.

LITHOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la distribution des tectites en Indochine et dans les pays voisins.* Note de M. **A. Lacroix**.

Dans une monographie (¹) consacrée à mes observations sur les tectites de l'Indochine, j'ai montré leur grande dissémination à travers tout le territoire de l'Union et, en même temps, j'ai signalé les difficultés des recherches systématiques sur la détermination de la densité géographique de ces gisements; ce pays, en effet, est très accidenté sur de vastes espaces, couvert par la luxuriante végétation tropicale et parfois par des forêts impénétrées. Bien souvent les chances de succès ne résident que dans la possibilité de la coïncidence d'un gisement et d'un observateur intelligent capable de reconnaître les tectites ou ayant l'idée de les chercher. Le problème pratique se résume donc dans la découverte de tels observateurs. Voici les renseignements nouveaux que je dois à plusieurs d'entre eux.

Haut-Tonkin. — En 1932, je n'ai cité qu'un seul gisement tonkinois, Yen Bay, et encore n'avais-je pu étudier moi-même l'unique échantillon trouvé. M. Brard m'a mis sur la piste d'une région qui vient d'être fouillée, à ce point de vue, par M. Vincenti, auquel je dois une riche documentation. Il s'agit du massif du Pia Oac (ouest de Cao Bang), formé de montagnes escarpées supportant une épaisse forêt qui renferme les plus splendides Fougères arborescentes que j'ai vues en Indochine; il est creusé de ravins profonds et renferme des gisements stannifères exploités en place et surtout dans des éluvions et des alluvions.

Environ $7^{kgm},5$ de tectites, pesant en moyenne $37^{g},5$, y ont été recueillis, mais quelques pièces sont de grandes dimensions, l'une d'elles pèse, en effet, 210^{g} et mesure $18^{cm} \times 5^{cm},5 \times 2^{cm},5$. Quelques bâtons, en forme d'halstère mesurent $11^{cm} \times 2^{cm}$ aux extrémités et $1^{cm},5$ dans leur milieu.

Ces alluvions stannifères (concessions Beausite et Juellis) rappelant, par suite, celles de Billiton, ont fourni toutes les formes rencontrées au Lang Bian et au Kouang-tchéou-wan (poires, larmes, sphères, cocons, galettes, plaques, etc.); des bulles gazeuses ayant jusqu'à plusieurs centimètres de diamètre, ne sont pas rares dans ces diverses pièces.

Les échantillons étudiés n'ont pas été recueillis dans leur gisement ori-

---

(¹) *Les tectites de l'Indochine* (*Arch. Mus. hist. natur.*, Paris, 6ᵉ série, 8, 1932, p. 139-236, fasc. I à XII).

ginel; ils ont été charriés par les eaux et sont parfois très roulés. Leur surface est alors usée et leurs ornements superficiels, dus aux corrosions chimiques, ont disparu; là où ils existent encore, ils ne diffèrent en rien de ceux des autres gisements indochinois.

Si les Européens n'avaient pas signalé ces tectites, leur existence n'avait pas échappé aux indigènes qui les qualifient de *pierres de lune*.

D'une région voisine du Pia Ouac, M. L. Cuisinier, m'a rapporté quelques tectites, provenant du vallon de Kam Phut, situé au nord de Ta Sa, près Nguyen Binh et de l'ancien poste de Van Phai, entre cette dernière localité et Nga Son.

C'est à M. Fromaget que je dois des échantillons provenant de Dong Van, sur la frontière chinoise (Kouei-tchéou), dans le territoire militaire de Ha Giang, c'est-à-dire à une centaine de kilomètres à l'ouest du Pia Oac.

Ces divers gisements tonkinois ont de l'intérêt pour la discussion de l'origine des tectites; ils sont à signaler aux observateurs qu'impressionne le voisinage, dans certains points du Cambodge et de l'Annam, de tectites et d'épanchements basaltiques. Il s'agit ici, en effet, de régions absolument dépourvues de volcanisme récent et dont le substratum est constitué par des sédiments paléozoïques, des calcaires (Kim Phuc) ou bien des schistes micacés, métamorphosées par le granite (Pia Oac).

Laos et Cambodge. — Je citerai encore des gisements nouveaux dans le *Laos*, près du village de Ban Houei Nong, à l'est de Ban Sat, sur le Mékong; et à Ban Houei Hai sur la rive gauche du même fleuve, au nord de Khong (province de Bassac); puis, au *Cambodge*, dans le Prek Chlong, entre Kratié et Snoul (km. 195 de la route coloniale n° 13).

Siam. — L'abondance des tectites dans la partie du Cambodge, située au sud du massif des Dangrek, permettait de penser qu'elles devaient se retrouver dans le Siam. Par l'intermédiaire de M. le Ministre de France au Siam, j'ai pu obtenir des renseignements, à cet égard, du Service géologique de ce pays qui a fait recueillir quelques échantillons dans la région comprise entre Phuphan Hill (province de Nakon Panom), Oubone et Roi Et, c'est-à-dire au sud-ouest de Savannakhet (Laos français). Cette région est constituée par des grès triasiques et, là encore, les tectites se rencontrent dans des alluvions anciennes et ne se distinguent pas morphologiquement de celles du Cambodge.

Les indigènes les connaissent bien et les emploient comme pierres magiques, les appelant *éclipses de lune* (Chanta Khart) ou *termitières*

(Kök Pluak); si la première de ces dénominations, rappelant celles données par les indigènes du Pia Oac et de Bornéo, est peut-être une survivance d'une antique tradition, la seconde est sans doute inspirée par les petites cupules hémisphériques recouvrant certaines de ces tectites.

Kouang-tchéou-wan. — Les documents que j'ai décrits antérieurement provenaient surtout de l'île Tan-hai. Avant de quitter la colonie, M. Jabouille a bien voulu faire faire, dans la région continentale de ce territoire à bail, d'actives recherches; des gisements qui ne sont pas moins riches que les précédents y ont été rencontrés. Ils se trouvent, les uns à l'est de la Matché, dans la délégation de Potao et les autres, à l'ouest de la même rivière, aux alentours de la Tour-du-Bonheur, située sur la route de Fort-Bayard à Tchu-Kam, et, plus au Sud-Ouest, aux alentours du lac de la Surprise (nord-ouest de Potsi). Les gisements du Kouang-tchéou-wan sont ceux qui fournissent les tectites en plus grande abondance et en échantillons de la plus grande taille, Deux pièces ayant la même forme que celle du Pia Oac signalée plus haut, sont plus grosses encore, l'une a été recueillie à Tan-Hai et pèse 223^{g} et l'autre, ramassée à la Surprise, 218^{g}.

Hai-nan. — M. Esserteau a bien voulu compléter les premières recherches qu'à ma demande, il avait effectuées dans cette île chinoise. Le principal gisement, où ont été recueillies les tectites se trouve dans la partie Nord de celle-ci, près du village de Séan-Tô, dans le district de Wentchang, à l'ouest de Hoi-How. Elles semblent avoir une large distribution, mais sont particulièrement concentrées sur 4 à 500^{m^2}, sous un humus sableux ayant de $0^{m},30$ à 1^{m} d'épaisseur et recouvrant une argile kaolinique blanche d'origine granitique, riche en quartz, avec de rares débris de tourmaline. Elles sont engagées à la surface de cette argile. Sur cet espace limité, elles sont distribuées d'une façon discontinue, par taches circulaires de 2^{m} de diamètre environ ou sur des aires allongées, ayant jusqu'à 10^{m} de longueur. Certaines de ces taches ne renferment que des tectites, en petites plaques, alors que, dans d'autres, celles-ci sont mélangées à des pièces à formes figurées; ces dernières étant semblables à celles du Kouang-tchéou-wan, je n'insisterai pas sur elles. Quant aux petits fragments, à formes quelconques, ils ont une texture fluidale, étirée et contournée, feuilletée même, particularités qui s'accentuent par corrosion chimique; certaines lames sont devenues assez minces pour être transparentes et d'un jaune brunâtre. L'argile blanche a pénétré profondément entre les feuillets.

Les grains de quartz se sont inscrustés dans tous les vides; il est facile de voir qu'ils ont été introduits mécaniquement dans des cavités préexistantes et ne sont pas inclus dans le verre.

Certains échantillons renferment de petites ponctuations blanches, ne dépassant guère les dimensions d'une pointe d'épingle; au premier abord, elles pourraient être prises pour des inclusions d'une matière étrangère, mais l'examen microscopique, sous diverses incidences, montre qu'il s'agit là d'agglomérations de très petites bulles gazeuses, constituant, sur quelques dixièmes ou même centièmes de millimètre, une ébauche de texture ponceuse.

Ce gisement est particulièrement intéressant, car il n'est pas remanié, et il est certainement celui qui a été l'objet de la plus minutieuse étude sur le terrain.

En raison de ce qui vient d'être dit les tectites de Sean-Tô ne sont pas accompagnées de concrétions ferrugineuses latéritiques. Il n'en est pas de même dans un autre gisement, beaucoup moins important, situé à 60 ou 80 km, plus au Sud, à Sim-San (district de Tingan); il n'a fourni que de petites plaquettes, distribuées à la surface de la Terre rouge et encroûtées de limonite.

L'île de Hai-nan est malheureusement peu explorée; il serait intéressant de rechercher si les tectites n'y ont pas une plus large distribution.

M. **P. Viala** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Court-noué* (Pumilus medullae *spec. nov.*) qu'il a écrit en collaboration avec M. **P. Marsais**.

NOMINATIONS.

M. **L. Lecornu**, pour la Section de Mécanique; M. **A. Cotton**, pour la Section de Physique générale; M. **G. Bertrand**, pour la Section de Chimie; M. **Ch. Achard**, pour la Section de Médecine et Chirurgie; M. **L. Guillet**, pour la Division des Applications de la Science à l'Industrie, sont désignés pour faire partie, avec M. **É. Picard**, Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques, du *Conseil supérieur des Recherches intéressant l'Aéronautique*.

Le **Bureau de l'Académie** et la **Section de Chimie** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du cinquantième anniversaire de l'installation de l'École centrale des Arts et Manufactures à l'emplacement actuel et le cinquantième anniversaire de la mort d'un de ses fondateurs, J.-B. Dumas.

MM. **H. Deslandres** et **G. Perrier** représenteront l'Académie, avec M. **R. Bourgeois**, précédemment désigné, à l'Assemblée du **Conseil international des Unions scientifiques** qui se tiendra à Bruxelles, du 9 au 14 juillet 1934.

L'Académie ratifie la proposition, faite par le *Comité français de Radiotélégraphie scientifique*, de désigner, pour la représenter à l'Assemblée générale de l'Union radioscientifique internationale à Londres, du 12 au 19 septembre 1934, MM. **Camille Gutton**, **René Mesny**, **Raymond Jouaust**, **Édouard Picault**, **Jean Habert**, **Robert Bureau**, **Philippe Le Corbeiller**.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 36 suffrages, M. **Giuseppe Sanarelli** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *J. Cantacuzène* décédé.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Tétraèdres inscrits dans une quadrique* Σ *et d'arêtes tangentes à une quadrique* S. Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Deux quadriques *quelconques* Σ, S possèdent ∞^2 tétraèdres dont les sommets $A_i (i=1, 2, 3, 4)$ sont sur Σ, dont les arêtes A_iA_j touchent S. *Les faces de ces tétraèdres enveloppent une surface* W *de classe* 4; *chaque*

point de Σ est sommet de 8 tétraèdres, chaque plan tangent de W donne 4 tétraèdres. Réduisons les équations de Σ, S à la forme

$$(\Sigma) \qquad ax^2 + by^2 + cz^2 + dt^2 = 0,$$

$$(S) \qquad x^2 + y^2 + z^2 + t^2 = 0.$$

La surface W est l'enveloppe des plans Q tels que la conique (Σ, Q) soit circonscrite à ∞^1 triangles circonscrits à la conique (S, Q); elle a pour équation tangentielle

$$(W) \qquad [(b+c+d)u^2 + \ldots]^2 - 4[u^2 + v^2 + w^2 + h^2][(cd + db + bc)u^2 + \ldots] = 0.$$

Si (x_1, y_1, z_1, t_1) sont les coordonnées du point A_1, les coefficients (u_1, v_1, w_1, h_1) de la face $A_2A_3A_4$ sont donnés par le système

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} 4(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2 + h_1^2)(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 + t_1^2) - (u_1x_1 + v_1y_1 + w_1z_1 + h_1t_1)^2 = 0, \\ \qquad 2[(b+c+d)u_1^2 + \ldots][x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 + t_1^2] \\ \qquad\quad - [u_1x_1 + \ldots][(b+c+d-a)u_1x_1 + \ldots] = 0, \\ \qquad [(b+c+d-a)u_1x_1 + \ldots]^2 \\ \qquad\quad - 4[x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 + t_1^2][(cd + db + bc)u_1^2 + \ldots] = 0. \end{array} \right.$$

La surface W se décompose en deux quadriques uniquement si Σ, S ont quatre génératrices communes ($a = b$, $c = d$) ou si Σ, S ont une conique de raccord ($a = b = c$). Si Σ, S sont bitangentes ($a = b$), chacun des deux points communs à Σ et la droite $x = y = 0$ donne exceptionnellement ∞^1 tétraèdres. Si Σ, S sont tangentes le long d'une conique, il y a, pour chaque point de Σ, deux séries ∞^1 de tétraèdres, soit au total deux séries ∞^3 pour les deux quadriques.

2. Les résultats précédents sont moins intéressants que la méthode qui les fournit. On trouve aisément la surface W; de même on a aisément la première équation (1), qui exprime que le cône C, de sommet A_1, ayant pour base la conique (S, Q) est inscrit dans ∞^1 angles trièdres eux-mêmes inscrits dans le cône C′ de sommet A_1 circonscrit à S. Si l'on imagine alors le nouveau cône C″ de sommet A_1, de base (Σ, Q), ce cône C″ est, en vertu de l'équation W, capable de ∞^1 angles trièdres dont les faces touchent C; mais il reste à exprimer que la série ∞^1 de trièdres relatifs à C et C′ et la série analogue relative à C et C″ ont un trièdre commun, constitué par trois génératrices communes à C′ et C″ et c'est le procédé propre à obtenir, symétriquement et sans calculs inextricables, cette nouvelle condition qui a arrêté les chercheurs.

3. On est évidemment ramené à un problème auxiliaire de géométrie

plane : *trouver trois coniques c, c', c'' telles que c' et c'' soient circonscrites à un même triangle circonscrit à c. Il est nécessaire et suffisant que la conique $\mu c' + c''$ soit, quel que soit μ, circonscrit à un triangle circonscrit à c.* Formons le discriminant de la conique $\lambda c + \mu c' + c''$, soit

$$\delta \equiv \Delta\lambda^3 + (\Theta_{01}\mu + \Theta_{02})\lambda^2 + (\Theta_{10}\mu^2 + \Theta_{012}\mu + \Theta_{20})\lambda + \Delta'\mu^3 + \Theta_{12}\mu^2 + \Theta_{21}\mu + \Delta'',$$

où Δ, Δ', Δ'' sont les discriminants de c, c', c'', et Θ_{ij} l'expression bien connue relative à c_i, c_j; Θ_{012} est un nouveau coefficient linéaire par rapport aux coefficients de c, c', c'', symétrique par rapport à ces coniques. La condition énoncée revient à dire que le trinome

$$\Delta\lambda^2 + (\Theta_{01}\mu + \Theta_{02})\lambda + \Theta_{10}\mu^2 + \Theta_{012}\mu + \Theta_{20}$$

est carré parfait par rapport à λ et μ. Les relations $\Theta_{01}^2 - 4\Delta\Theta_{10} = 0$, $\Theta_{02}^2 = 4\Delta\Theta_{20} = 0$ sont les deux relations déjà indiquées et la relation $\Theta_{01}\Theta_{02} - 2\Delta\Theta_{012} = 0$ est celle qui nous manquait. Reste d'ailleurs à calculer les divers coefficients Θ_{ij} avec simplicité : le cadre de cette Note ne me permet pas de l'indiquer. Mais le calcul de Θ_{012} serait ici assez pénible et on peut l'éviter par les considérations suivantes : trois coniques n'ont que 7 invariants projectifs, tandis que δ contient 10 coefficients homogènes; il existe donc deux relations identiques entre ces 10 coefficients, de sorte que l'équation contenant Θ_{012} peut être mise sous une forme équivalente, où ce coefficient ne figure plus. Dans le cas précis de nos cônes C, C′, C″, on a la circonstance complémentaire que c et c' sont bitangentes; l'équation où figure Θ_{012} est alors avantageusement remplacée par celle-ci : la racine de $\Theta_{01}\mu + \Theta_{02}$ est le tiers de celle de $\Delta'\mu + \Theta_{12}$. Les trois équations obtenues ainsi, soumises à des combinaisons aisées à apercevoir, peuvent recevoir la forme (1) où chaque équation n'est plus que de degré 2 en u_1, v_1, w_1, h_1 (au lieu d'obtenir des équations de degré respectif 2, 3, 4).

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Détermination des complexes dont toutes les congruences sont* W. Note de M. **Pototzki.**

Considérons un complexe quelconque $F(x_k) = 0$, où x_k ($k = 1, 2, \ldots, 6$) représentent les coordonnées du rayon liées par l'équation de Plücker

$$x_1x_4 + x_2x_5 + x_3x_6 = 0.$$

Le problème consiste à trouver un complexe dont toutes les congruences sont W. L'intersection du complexe F avec un complexe arbitraire

$G(x_k) = 0$ détermine donc une congruence W. Selon un beau théorème de Darboux, les coordonnées courantes du rayon général d'une congruence W satisfont à une équation

$$(E) \qquad A\frac{\partial^2 x_k}{\partial u^2} + 2B\frac{\partial^2 x_k}{\partial u\,\partial v} + C\frac{\partial^2 x_k}{\partial v^2} + 2D\frac{\partial x_k}{\partial u} + 2E\frac{\partial x_k}{\partial v} + Fx_k = 0,$$

où A, B, ..., F sont fonctions de u, v. Les x_k étant homogènes, on peut ramener x_6 à l'unité et poser, avec changement de notations,

$$(1) \qquad x_1 = -u, \quad x_2 = -v, \quad x_3 = z, \quad x_4 = x, \quad x_5 = y, \quad x_6 = 1.$$

En portant ces quantités dans (E), on voit que x, y, z sont trois solutions de l'équation

$$(E') \qquad A\frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} + 2B\frac{\partial^2 \theta}{\partial u\,\partial v} + C\frac{\partial^2 \theta}{\partial v^2} = 0,$$

ce qui entraîne la relation

$$(2) \qquad |x_{uu} \quad x_{uv} \quad x_{vv}| = 0.$$

En substituant dans (2) à z sa valeur $ux + vy$, nous ramenons cette équation à la forme

$$(3) \qquad \begin{vmatrix} x_{uu} & x_{uv} & x_{vv} \\ y_{uu} & y_{uv} & y_{vv} \\ 2x_u & x_v + y_u & 2y_v \end{vmatrix} = 0.$$

Nous pouvons évidemment supposer que l'équation du complexe F est $y - f(x, u, v) = 0$; quant au complexe G, qui est tout à fait arbitraire, prenons-le sous la forme $x - \varphi(u, v) = 0$ où φ est une fonction tout à fait arbitraire de u, v; il en résulte

$$(4) \qquad \left\{ \begin{array}{l} y_u = f_u + f_x x_u, \quad y_v = f_v + f_x x_v, \quad y_{uu} = f_{uu} + 2f_{ux}x_u + f_{xx}x_u^2 + f_x x_{uu}, \\ y_{vv} = f_{vv} + 2f_{vx}x_v + f_{xx}x_v^2 + f_x x_{vv}, \\ y_{uv} = f_{ux}x_v + f_{uv} + f_{xx}x_v x_u + f_{xv}x_u + x_{uv}f_x. \end{array} \right.$$

En portant dans (3), nous avons une équation qui, d'après nos hypothèses, ne peut déterminer φ : or cette fonction $x = \varphi(u, v)$ étant arbitraire, non seulement la valeur numérique de x, mais aussi les valeurs x_u, x_v, x_{uu}, x_{uv}, x_{vv} sont arbitraires pour n'importe quelles valeurs des variables indépendantes u, v. Donc l'équation (3) est satisfaite par la fonction f, quelles que soient x, x_u, x_v, x_{uu}, x_{uv}, x_{vv}; en d'autres termes, on peut considérer l'équation en jeu comme une équation qui détermine la fonc-

tion $f(x, u, v)$ des trois variables indépendantes x, u, v, les quantités x_u, x_v, x_{uu}, x_{uv}, x_{vv} étant des quantités arbitraires; prenons $x_{vv}=1$, $x_u=a$, et les autres dérivées toutes nulles. En portant ces expressions dans l'équation (3), on obtient, en égalant à zéro les coefficients de a et a^2,

$$(5) \qquad f_{uu}f_u=0, \qquad f_x f_{xx}=0, \qquad f_{ux}f_u-f_{uv}=0, \qquad f_{ux}f_x-f_{xv}=0.$$

Si l'on prend maintenant $x_{uv}=1$, $x_u=1$, et les autres dérivées toutes nulles, on obtient

$$(5') \qquad f_{vv}-2f_v f_{ux}=0.$$

Il résulte de (5) et (5')

$$\text{(A)}\ f_{uu}=0, \qquad \text{(B)}\ f_{xx}=0, \qquad \text{(C)}\ f_{uv}=f_u f_{ux},$$
$$\text{(D)}\ f_{xv}=f_x f_{ux}, \qquad \text{(E)}\ f_{vv}=2f_v f_{ux}.$$

Les deux premières donnent

$$y=f(x, u, v)=\mathcal{A}x+\mathcal{B}u+\mathcal{C}xu+\mathcal{D},$$

où $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, $\mathcal{D}$ sont des fonctions arbitraires du seul argument v. Les équations (C) et (D) donnent alors

$$\mathcal{B}'+\mathcal{C}'x=\mathcal{C}(\mathcal{B}+\mathcal{C}x), \qquad \mathcal{A}'+\mathcal{C}'u=\mathcal{C}(\mathcal{A}+\mathcal{C}u),$$

d'où

$$\mathcal{B}'=\mathcal{C}\mathcal{B}, \qquad \mathcal{A}'=\mathcal{C}\mathcal{A}, \qquad \mathcal{C}'=\mathcal{C}^2, \qquad \mathcal{C}=\frac{1}{m-v}, \qquad \mathcal{B}=\frac{b}{v-m}, \qquad \mathcal{A}=\frac{a}{v-m},$$

a, b, m étant des constantes arbitraires. L'équation (E) donne enfin $\mathcal{D}=d/(v-m)+e$, d, e étant de nouvelles constantes. On a donc

$$y=\frac{ax}{v-m}+\frac{bu}{v-m}-\frac{ux}{v-m}+\frac{d}{v-m}+e,$$

et, en revenant aux notations précédentes, nous avons

$$ax+bu-xu-vy+my+d+ev-m=0,$$
$$ax+bu-z+my+ev+(d-m)=0,$$

c'est-à-dire, finalement,

$$a_1x_1+a_2x_2+a_3x_3+a_4x_4+a_5x_5+a_6x_6=0.$$

Le complexe en question est donc un complexe linéaire; quant à la réciproque, elle est évidente.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application de la méthode des approximations successives de M. Picard à l'étude de certaines équations aux dérivées partielles du type parabolique à deux variables indépendantes.* Note [1] de M. A. Rosenblatt.

1. Envisageons, dans le plan x, y la bande infinie $x \geqq x_1$, $y_1 \leqq y \leqq Y$ et l'intégrale

$$(1) \qquad = \int\int_{Sy} M(x, y; \xi, \eta) f(\xi, \eta) \, d\xi \, d\eta,$$

où Sy est la bande $\xi \geqq x_1$, $y_1 \leqq \eta \leqq y$. $f(\xi, \eta)$ est supposé continu à l'intérieur de la bande et satisfait à l'inégalité

$$(2) \qquad |f(\xi, \eta)| \leqq F \frac{1 + (\xi - x_1)^m}{(\xi - x_1)^m} (\eta - y_1)^\gamma,$$

où l'on a $0 \leqq m < 1$, $\gamma > -1$, $F > 0$. On a

$$(3) \qquad M(x, y; \xi, \eta) = \frac{(x - \xi)^p}{(y - \eta)^q} G(x, y; \xi, \eta),$$

G étant la fonction de Green de l'équation aux dérivées partielles

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

(Goursat, *Cours d'Analyse*, III) qui appartient à la bande. p, q sont des entiers non négatifs. Posons $r = p - 2q + 1$ et supposons $r \geqq 1$.

On obtient pour I l'inégalité suivante :

$$(5) \qquad |I| \leqq AFB(\mu, \gamma + 1) \frac{(x - x_1)^m}{1 + (x - x_1)^m} (y - y_1)^{\gamma + \mu},$$

où μ est le plus petit des nombres positifs $r/2 - m$, $r/2 + m - 1/2$. Supposons $\gamma + \mu > 0$.

2. Appliquons le résultat énoncé à l'équation intégrale

$$(6) \qquad z(x, y) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_{Sy} G(x, y; \xi, \eta) f(\xi, \eta, \zeta) \, d\xi \, d\eta,$$

---

[1] Séance du 25 juin 1934.

où $f(x, y, z)$ est supposé continu dans le domaine D :

$$x_1 < \xi < +\infty, \qquad y_1 < \eta \leqq Y, \qquad |z| \leqq N$$

et satisfait à l'inégalité

$$(7) \qquad |f(x, y, z)| \leqq F \frac{1 + (x - x_1)^m}{(x - x_1)^m} (y - y_1)^\gamma.$$

Nous supposons, de plus, que f satisfait à la *condition de Lipschitz généralisée*

$$(8) \qquad |f(x, y, z') - f(x, y, z)| \leqq k |z' - z| \frac{[1 + (x - x_1)^m]^2}{(x - x_1)^{2m} (y - y_1)^{-\gamma}}.$$

Soient z et z' deux intégrales continues de (6) du domaine D. On a donc

$$(9) \qquad |f(x, y, z) - f(x, y, z')| \leqq \frac{M[1 + (x - x_1)^m]}{(x - x_1)^m (y - y_1)^{-\gamma}},$$

où l'on peut prendre $M = 2F$. On a alors

$$(10) \qquad |z' - z| \leqq \frac{AM}{2\sqrt{\pi}} B(\mu, \gamma + 1) \frac{(x - x_1)^m}{1 + (x - x_1)^m} (y - y_1)^{\gamma + \mu},$$

où $A > 0$ ne dépend pas de γ, B est la fonction connue d'Euler et μ le plus petit des nombres $1 - m$, $1 + m/2$. En itérant on obtient $u \equiv 0$.

Pour démontrer l'existence d'une solution, on part d'une fonction continue $z_0(x, y)$ arbitraire, $|z_0| \leqq N$ et l'on obtient la suite $z_1, z_2, \ldots$ infinie pourvu qu'on ait

$$(11) \qquad \frac{AFB(\mu, \gamma + 1)}{2\sqrt{\pi}} \leqq N.$$

Cette suite converge absolument et uniformément vers une fonction limite $z(x, y)$. Pour montrer que z satisfait à (6) on observe que $\eta > 0$ étant un nombre positif arbitrairement petit on peut choisir $\varepsilon > 0$ tel que l'intégrale de (6) calculée dans le rectangle $x_1 \leqq \xi \leqq x_1 + \varepsilon$, $y_1 \leqq \eta \leqq y$ soit $< \eta$ en valeur absolue. Cela résulte de (7).

On a ainsi une généralisation des beaux résultats de M. Gevrey. On peut étendre ces resultats au cas général d'un domaine D limité par deux caractéristiques et par deux courbes $x = X_1(y)$, $x = X_2(y)$, au cas où f dépend de $p = \partial z/\partial x, \ldots$, ce que je me propose d'exposer dans un travail plus étendu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la répartition des points de continuité d'une fonction de n variables continue par rapport à chacune d'elles.* Note de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Hadamard.

1. En observant que l'inégalité

$$|f_n(x') - f_n(x'')| \leqq \varepsilon,$$

où $f_n(x)$ appartient à une suite convergente de fonctions continues, ne peut changer de sens, avec n croissant, qu'un nombre fini de fois à la condition de choisir x' et x'' suffisamment rapprochés, nous déterminons les conditions nécessaires et suffisantes pour : 1° la convergence uniforme de la suite $\{f_n(x)\}$; 2° la continuité de la fonction limite; 3° la discontinuité de la fonction limite, suivant que le nombre de changement de sens autour du point étudié est nul, pair ou impair.

En généralisant cette propriété et en utilisant la notion de quasi-continuité de MM. Volterra et Kempisty, nous avons établi que :

La fonction $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, continue par rapport à chacune des variables, est ponctuellement discontinue sur toute surface ponctuellement discontinue d'équation $x_n = g(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1})$.

Ce théorème a été démontré par M. Kempisty dans le cas particulier où $g(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1})$ est quasi-continue.

2. La répartition des points de continuité de la fonction $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ continue par rapport à chacune d'elles peut être précisée ainsi :

Il existe n réseaux de droites dans l'espace à n dimensions, parallèles respectivement aux n axes, chaque réseau étant partout dense, tels que, sur chacune de ces droites, $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ soit continue.

Si f est continue par rapport au groupe des variables $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$ et par rapport à x_n :

Il existe un ensemble partout dense de plans parallèles au plan $x_n = 0$ et un ensemble de droites parallèles à l'axe des x_n sur lesquels $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ est continue par rapport à l'ensemble des n variables.

3. Désignons par $A(x_1, x_2, \ldots, x_{\alpha i}) = A\alpha_i$ un point de l'espace à α_i dimensions; le théorème précédent s'étend immédiatement aux fonctions continues par rapport aux groupes de variables :

Si la fonction de n variables est continue par rapport à K groupes de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$ variables $f(A_{\alpha_1}, A_{\alpha_2}, \ldots, A_{\alpha_k})$, il existe K réseaux partout

denses de variétés géométriques de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$ variables respectivement parallèles aux variétés des $A_{\alpha_1}, A_{\alpha_2}, \ldots, A_{\alpha_k}$, et dont tous les points sont des points de continuité de f.

4. Les réseaux partout denses de variétés géométriques de points de continuité peuvent exister sans que la fonction soit continue par rapport à chacune des variables; ainsi :

Si la fonction de n variables $f(A_{\alpha_1}, A_{\alpha_2}, \ldots, A_{\alpha_k}; y_1, y_2, \ldots, y_l)$ $(\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_k+l=n)$ est continue par rapport aux K groupes de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$ variables et quasi-continue par rapport au groupe des variables $y_1, y_2, \ldots, y_l$, il existe K réseaux partout denses de variétés géométriques de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$ variables respectivement parallèles aux variétés géométriques des $A_{\alpha_1}, A_{\alpha_2}, \ldots, A_{\alpha_k}$, et dont tous les points sont des points de continuité de f.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les systèmes dynamiques instables.* Note de M. V. **Niemytski**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous considérons un système d'équations différentielles

$$\frac{dx_i}{dt}=X_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \qquad (i=1, 2, \ldots, n),$$

les fonctions X_i étant définies et continues dans tout l'espace euclidien n-dimensionnel E^n, et satisfaisant aux conditions de Lipschitz dans tout domaine borné de cet espace.

Dans ces conditions, par tout point $(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0)$ de E^n passe une courbe intégrale unique $x_i=f_i(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, t-t_0)$; les fonctions f_i sont continues en $x_1^0, \ldots, x_n^0$ et t. L'ensemble de ces courbes est appelé *système dynamique* et les courbes de cet ensemble, les trajectoires du système.

2. Selon M. Birkhoff, une trajectoire $f_i(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0, t-t_0)$ est stable si, ou pour $t\to\infty$ ou bien $t\to-\infty$, elle ne sort pas d'un domaine borné fixe. Dans le cas contraire, elle est *instable*.

Considérons un ensemble $\mathcal{E}$ de E^n; tout point de cet ensemble se déplace suivant la trajectoire qui passe par ce point et, pour toute valeur de t, occupe une position bien déterminée que nous désignerons par a_t; soit $\mathcal{E}_t$ l'ensemble des points a_t en particulier la sphère du rayon ε autour du point a, $S(a, \varepsilon)$ se transforme dans l'ensemble $S_t(a, \varepsilon)$.

Le point a de E^n est dit *point errant* (*wandering point*) (¹), s'il existe un nombre positif ε, tels que, ou bien pour $t < T$, ou pour $t > T$, on ait $S(a, \varepsilon) S_+(a, \varepsilon) = 0$.

Nous introduisons les définitions suivantes :

1° Un système dynamique est *instable* si toutes les trajectoires de ce système sont instables.

2° Un système dynamique est *complètement instable* si tous les points de ce système sont des points errants.

Il est aisé de voir qu'un système complètement instable est instable; la proposition inverse n'est vraie que pour E^2.

3° Un système dynamique a *un col à l'infini* s'il existe une sphère $S(o, k)$ telle que, pour tout nombre positif n, on peut trouver dans cette sphère deux points a, b situés sur une même trajectoire et tels que l'arc de cette trajectoire entre les points a et b sort de $S(o, n)$.

3. L'objet principal de cette Note consiste dans le théorème suivant :

Pour qu'il existe une transformation topologique du système dynamique en une famille de droites parallèles situées dans E^{n-1}, *il faut et il suffit que : 1° le système soit instable ; 2° qu'il ne possède pas de col a l'infini.*

Voici les points essentiels de la démonstration de la nécessité de ces conditions :

a. Un système dynamique instable qui n'a pas de col à l'infini, est complètement instable.

b. Si un système dynamique possède des points non errants, il ne peut être transformé en une famille de droites de E^{n+1}.

c. La même transformation est impossible si le système dynamique possède un col à l'infini.

Pour démontrer la suffisance, nous introduisons les notations suivantes :

Soit $\mathcal{E}$ un ensemble de points de E^n. Nous appelons *tube* construit sur $\mathcal{E}$, l'ensemble $T_{\mathcal{E}}$ des points de E^n situés sur toutes les trajectoires issues des points de $\mathcal{E}$.

Nous dirons qu'un ensemble P est une *coupure transversale* de $T_{\mathcal{E}}$ si P est borné, fermé dans $T_{\mathcal{E}}$ et que toute trajectoire coupe P en un point et un seul.

On démontre les lemmes suivants :

1° Un tube T_2 qui possède une coupure transversale, peut être transformé en une famille de droites de E^{n+1}.

(¹) D. Birkhoff, *Dynamical systems*, N-Y, 1927, Chap. VII.

2° Si F_1 est un ensemble fermé, et si le système dynamique n'a pas de col à l'infini, le tube T_{F_1}, lui aussi, est un ensemble fermé.

3° F_1 et F_2 étant deux ensembles fermés, s'il existe des transformations de T_{F_1} et de T_{F_2} en deux familles de droites parallèles dans E^{n+1}, il existe une transformation du tube $T_{F_1} + T_{F_2} = T_{F_1+F_2}$ en une famille de droites de E^{n+1} qui coïncide sur T_{F_1} avec la transformation primitive définie sur T_{F_1}.

Pour achever la démonstration, on considère une sphère fermée $\overline{S(o, k)}$, et l'on démontre que $T_{\overline{S(o,k)}}$ peut être considéré comme réunion d'un nombre fini de tubes dont chacun possède une coupure transversale compacte; puis en appliquant les lemmes 1°, 2°, on effectue une transformation de $T_{\overline{S(o,k)}}$ en une famille de droites parallèles de E^{n+1}; et ensuite, on prolonge, en se servant du lemme 3°, cette transformation en une transformation du système dynamique entier.

Ainsi le système dynamique est transformé en un système de génératrices rectilignes d'un hypercylindre de E^{n+1}.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les mouvements stables au sens de Poisson et les mouvements récurrents d'un système dynamique*. Note de M. **Heinrich Hilmy**, présentée par M. Hadamard.

1. Un système dynamique est défini par les équations différentielles

$$\frac{dx_i}{dt} = X_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous supposerons les fonctions X_i continues et variant dans des conditions qui assurent l'unicité des solutions et la dépendance continue par rapport aux valeurs initiales $(x_1^0, x_2^0, \ldots, x_n^0)$.

Les coordonnées $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ représentent un point p dans l'espace euclidien E^n. Chaque solution du système différentiel s'appelle un mouvement. Le mouvement partant, au moment initial $t = 0$, du point p sera désigné par $f(p, t)$; donc $f(p, 0) = p$; la courbe décrite par le point p dans le mouvement $f(p, t)$ est une trajectoire.

Un mouvement $f(p, t)$ est dit *positivement* (*négativement*) stable au sens de Lagrange, s'il existe un ensemble compact F de E^n et un nombre τ tels qu'on ait $f(p, t) \subset F$ pour $t > \tau$ $(t < \tau)$. Un point p_ω est un point limite oméga du mouvement $f(p, t)$ lorsque tout voisinage du point p_ω contient des points $f(p, t)$ correspondant à des valeurs de t surpassant un nombre

assigné; d'une manière analogue, un point p_α est un point-limite alpha lorsque tout son voisinage contient des points de $f(p, t)$ correspondant à des valeurs de t moindre que tout nombre assigné.

2. Un ensemble $\mathfrak{M} \subset E^u$ est dit invariant si l'on a $f(p, t) \subset \mathfrak{M}$ pour qui $p \subset \mathfrak{M}$. On doit à M. Birkhoff le théorème :

THÉORÈME I. — *L'ensemble* $\mathfrak{M}\omega$ ($\mathfrak{M}\alpha$) *des points-limites oméga (alpha) d'un mouvement* $f(p, t)$ *positivement (négativement) stable, est un ensemble invariant, fermé et compact.*

On démontre sans peine les deux propositions suivantes, dont nous avons besoin pour les démonstrations des théorèmes ultérieurs :

THÉORÈME II. — *La fermeture* $\overline{\mathfrak{M}}$ *d'un ensemble invariant est un ensemble invariant.*

THÉORÈME III. — $\mathfrak{M}$ *étant un ensemble invariant dans* E^n, *l'ensemble* $\mathfrak{M}'$ *des points frontières de* $\mathfrak{M}$ *est un ensemble invariant fermé.*

3. Un mouvement $f(p, t)$ est stable au sens de Poisson, s'il existe pour tout $\varepsilon > 0$ des valeurs de t tant positives que négatives surpassant en valeur absolue tout nombre assigné qui vérifient l'inégalité $\rho[p, f(p, t)] < \varepsilon$. Un mouvement stable au sens de Poisson est récurrent lorsque, $\varepsilon > 0$ étant donné, il existe un nombre $\tau > 0$ tel que l'inégalité $\rho[p, f(p, t)] < \varepsilon$ est vérifié pour une valeur au moins de t dans chaque intervalle de l'axe des t de longueur τ. Un ensemble fermé compact invariant Σ s'appelle minimal s'il ne contient aucun sous-ensemble jouissant des mêmes propriétés. La relation entre les mouvements récurrents et les ensembles minimaux a été établie par M. G. D. Birkhoff (1); on l'exprime par les théorèmes :

THÉORÈME IV. — *Chaque ensemble invariant fermé et compact contient un ensemble minimal.*

THÉORÈME V. — *Tous les mouvements d'un ensemble minimal sont récurrents.*

THÉORÈME VI. — *Tout mouvement récurrent appartient à un ensemble minimal.*

Nous y ajouterons le théorème suivant :

THÉORÈME VII. — *Si un ensemble minimal* Σ *est situé dans l'espace euclidien* Σ^n, *sa dimension est au plus égale à* $n - 1$.

La somme de tous les ensembles minimaux appartenant à un ensemble invariant R sera désignée par A et sera nommée *ensemble récurrent maximal* (par rapport à R).

---

(1) *Bull. Soc. math. France*, **40**, 1912, p. 305.

4. Soit $f(p, t)$ un mouvement stable au sens de Poisson, mais non récurrent : l'ensemble de ses points-limites oméga coïncide avec celui des points-limites alpha, nous l'appellerons ensemble des mouvements limites et nous le désignerons par Δ; $\Delta = \overline{f(p, t)}$.

Voici la propriété fondamentale de cet ensemble.

Théorème VIII. — *L'ensemble* Δ *est la somme de trois ensembles qui ne sont jamais vides : l'ensemble maximal récurrent* Λ, *l'ensemble* P *des points des trajectoires des mouvements stables à la Poisson non récurrents, et l'ensemble* $\mathfrak{M}$ *des points appartenant aux mouvements qui ne sont pas stables dans le sens de Poisson dans une direction au moins; l'ensemble* $\mathfrak{M}$ *est partout dense dans* Δ.

On peut encore préciser le caractère des mouvements appartenant à $\mathfrak{M}$:

Théorème IX. — *Étant donné un nombre* $\varepsilon > 0$ *et un nombre naturel* $\mathfrak{N}$, *en désignant par* $Q\{q\} = \mathfrak{M}$ *l'ensemble des points q qui reviennent au moins* $\mathfrak{N}$ *fois dans la sphère du rayon* ε *autour du point initial, t variant dans le sens de l'instabilité de* $f(q, t)$, *l'ensemble* Q *est partout dense dans* Δ.

5. Signalons quelques propriétés de l'ensemble Λ récurrent maximal dans E^n.

Théorème X. — *Si l'ensemble* Λ *est borné, il peut être fermé ou non, mais il ne peut pas être ouvert.*

Les mouvements de Λ seront dits *uniformément récurrents* si, étant donnés $\varepsilon > 0$ et $\tau > 0$, on peut trouver un nombre $T > \tau$, tel que tous les points qui ont quitté la sphère du rayon ε autour de leur position initiale après un intervalle de temps au plus égal à τ, reviennent dans cette sphère pour une valeur de t; $\tau < t \leqq T$.

Théorème XI. — *La condition nécessaire et suffisante pour que tous les mouvements appartenant à un ensemble récurrent maximal borné* Λ *soient uniformément récurrents est que cet ensemble* Λ *soit fermé.*

6. Nous appellerons un ensemble invariant $\mathfrak{M}$ *dynamiquement fermé*, si, le mouvement $f(p, t)$ appartenant à $\mathfrak{M}$, tous ses points limites alpha et oméga appartiennent aussi à $\mathfrak{M}$.

Soit P l'ensemble de tous les points situés sur les trajectoires stables au sens de Poisson, les mouvements appartenant à P sont caractérisés par la propriété suivante :

Théorème XII. — *La condition nécessaire et suffisante pour que tous les mouvements de* P *soient récurrents est que l'ensemble* P *soit dynamiquement fermé.*

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les champs tensoriels qui accompagnent l'électron de Dirac : théorie du neutrino et d'antineutrino.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les formules (4), (5) et (6) de notre précédente Note [1] suggèrent la possibilité d'introduction dans la théorie quantique de l'électron magnétique, en dehors des vecteurs connus : le vecteur courant et le vecteur spin, de deux vecteurs encore, et de considérer, à côté du tenseur densité de moment électrique et de moment magnétique, deux autres tenseurs antisymétriques. Avec les notations de M. L. de Broglie [2], ces grandeurs sont représentées par les expressions suivantes :

$$(1)\begin{cases} {}^1S_1 = \frac{e}{2}[\Psi(-i\alpha_1\alpha_2\alpha_4)\Psi + \Psi^*(-i\alpha_1\alpha_2\alpha_4)^*\Psi^*], & {}^2S_1 = \frac{e}{2}[\Psi(-\alpha_1\alpha_2\alpha_4)\Psi + \Psi^*(\alpha_1\alpha_2\alpha_4)^*\Psi^*], \\ {}^1S_2 = \frac{e}{2}[\Psi(i\alpha_4)\Psi + \Psi^*(i\alpha_4)^*\Psi^*], & {}^2S_2 = \frac{e}{2}[\Psi(\alpha_4)\Psi + \Psi^*(\alpha_4)^*\Psi^*], \\ {}^1S_3 = \frac{e}{2}[\Psi(i\alpha_2\alpha_3\alpha_4)\Psi + \Psi^*(i\alpha_2\alpha_3\alpha_4)^*\Psi^*], & {}^2S_3 = \frac{e}{2}[\Psi(\alpha_2\alpha_3\alpha_4)\Psi + \Psi^*(\alpha_2\alpha_3\alpha_4)^*\Psi^*], \\ {}^1S_4 = \frac{e}{2}[\Psi(-i\alpha_2\alpha_4)\Psi + \Psi^*(-i\alpha_2\alpha_4)^*\Psi^*]; & {}^2S_4 = \frac{e}{2}[\Psi(-\alpha_2\alpha_4)\Psi + \Psi^*(-\alpha_2\alpha_4)^*\Psi^*]; \\ {}^3S_\nu = \text{quadrivecteur spin}; & {}^4S_\nu = \text{quadrivecteur courant}; \end{cases}$$

$$(2a)\begin{cases} {}^1\mu_{14} = \frac{B}{2}[\Psi(-i\alpha_3)\Psi + \Psi^*(-i\alpha_3)^*\Psi^*], & {}^1\mu_{32} = \frac{B}{2}[\Psi(-i\alpha_1\alpha_2)\Psi + \Psi^*(-i\alpha_1\alpha_2)^*\Psi^*], \\ {}^1\mu_{24} = \frac{B}{2}[\Psi(-i\alpha_1\alpha_2\alpha_3)\Psi + \Psi^*(-i\alpha_1\alpha_2\alpha_3)^*\Psi^*], & {}^1\mu_{13} = \frac{B}{2}[\Psi(i\alpha_0)\Psi + \Psi^*(i\alpha_0)^*\Psi^*], \\ {}^1\mu_{34} = \frac{B}{2}[\Psi(i\alpha_1)\Psi + \Psi^*(i\alpha_1)^*\Psi^*], & {}^1\mu_{21} = \frac{B}{2}[\Psi(i\alpha_2\alpha_3)\Psi + \Psi^*(i\alpha_2\alpha_3)^*\Psi^*]; \end{cases}$$

$$(2b)\begin{cases} {}^2\mu_{14} = \frac{B}{2}[\Psi(-\alpha_3)\Psi + \Psi^*(-\alpha_3)^*\Psi^*], & {}^2\mu_{32} = \frac{B}{2}[\Psi(-\alpha_1\alpha_2)\Psi + \Psi^*(-\alpha_1\alpha_2)^*\Psi^*], \\ {}^2\mu_{24} = \frac{B}{2}[\Psi(-\alpha_1\alpha_2\alpha_3)\Psi + \Psi^*(-\alpha_1\alpha_2\alpha_3)^*\Psi^*], & {}^2\mu_{13} = \frac{B}{2}[\Psi(\alpha_0)\Psi + \Psi^*(\alpha_0)^*\Psi^*], \\ {}^2\mu_{34} = \frac{B}{2}[\Psi(\alpha_1)\Psi + \Psi^*(\alpha_1)^*\Psi^*], & {}^2\mu_{21} = \frac{B}{2}[\Psi(\alpha_2\alpha_3)\Psi + \Psi^*(\alpha_2\alpha_3)^*\Psi^*]; \end{cases}$$

(2c) $({}^3\mu_{14}, {}^3\mu_{24}, {}^3\mu_{34}, {}^3\mu_{32}, {}^2\mu_{13}, {}^3\mu_{21})$ = densité de moment électrique et de moment magnétique.

En l'absence d'un champ extérieur, les équations de Dirac entraînent

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1582-1584.
[2] *L'électron magnétique*, Paris, 1933.

pour ces grandeurs un certain nombre de relations différentielles parmi lesquelles se trouvent les suivantes :

$$(3a)\quad \begin{cases} \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}({}^1\mu_{14}) - \frac{\partial}{\partial x_2}({}^1\mu_{21}) + \frac{\partial}{\partial x_3}({}^1\mu_{13}) + {}^1\lambda_1 = 0, & \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}({}^1\mu_{32}) + \frac{\partial}{\partial x_2}({}^1\mu_{34}) - \frac{\partial}{\partial x_3}({}^1\mu_{24}) + {}^1\Lambda_1 - {}^2S_1 = 0, \\ \dots\dots\dots, & \dots\dots\dots, \\ \frac{\partial}{\partial x_1}({}^1\mu_{14}) + \frac{\partial}{\partial x_2}({}^1\mu_{24}) + \frac{\partial}{\partial x_2}({}^1\mu_{34}) + {}^1\lambda_4 = 0, & \frac{\partial}{\partial x_1}({}^1\mu_{32}) + \frac{\partial}{\partial x_2}({}^1\mu_{13}) + \frac{\partial}{\partial x_3}({}^1\mu_{21}) + {}^1\Lambda_4 - {}^2S_4 = 0; \end{cases}$$

$$(3b)\quad \begin{cases} \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}({}^2\mu_{14}) - \frac{\partial}{\partial x_2}({}^2\mu_{21}) + \frac{\partial}{\partial x_3}({}^2\mu_{13}) + {}^2\lambda_1 = 0, & \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}({}^2\mu_{32}) + \frac{\partial}{\partial x_2}({}^2\mu_{34}) - \frac{\partial}{\partial x_3}({}^2\mu_{24}) + {}^2\Lambda_1 - {}^1S_1 = 0, \\ \dots\dots\dots, & \dots\dots\dots, \\ \frac{\partial}{\partial x_1}({}^2\mu_{14}) + \frac{\partial}{\partial x_2}({}^2\mu_{24}) + \frac{\partial}{\partial x_3}({}^2\mu_{34}) + {}^2\lambda_4 = 0, & \frac{\partial}{\partial x_1}({}^2\mu_{32}) + \frac{\partial}{\partial x_2}({}^2\mu_{13}) + \frac{\partial}{\partial x_3}({}^2\mu_{21}) + {}^2\Lambda_4 - {}^1S_4 = 0; \end{cases}$$

$$(4)\quad \mathrm{div}({}^1S_{[1,2,3]}) - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}({}^1S_4) = 0, \qquad \mathrm{div}({}^2S_{[1,2,3]}) - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}({}^2S_4) = 0;$$

$$(5)\quad {}^1\lambda_\nu = \frac{B}{2}\left[\Psi(i\alpha_3\alpha_1)\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi + \Psi^*(i\alpha_3\alpha_1)^*\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi^*\right], \qquad {}^2\lambda_\nu = \frac{B}{2}\left[\Psi(\alpha_3\alpha_1)\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi + \Psi^*(\alpha_3\alpha_1)^*\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi^*\right],$$

$$(6)\quad {}^1\Lambda_\nu = \frac{B}{2}\left[\Psi(-i\alpha_2)\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi + \Psi^*(-i\alpha_2)^*\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi^*\right], \qquad {}^2\Lambda_\nu = \frac{B}{2}\left[\Psi(-\alpha_2)\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi + \Psi^*(-\alpha_2)^*\frac{\partial}{\partial x_\nu}\Psi^*\right]$$

$$(\nu = 1,\ 2,\ 3,\ 4;\ x_4 = ct).$$

Quelle est la signification physique de ces grandeurs ? Il n'est pas impossible que le champ multitensoriel, défini avec l'ensemble de quatre vecteurs et de trois tenseurs d'univers, soit en relation par les phénomènes électromagnétiques qui accompagnent l'électron en mouvement. En effet, les relations ($2a$) et ($2b$) constituent une généralisation de la définition de M. L. de Broglie du champ électromagnétique associé à un photon (¹), définition qui est à la base de sa théorie du *neutrino* et *d'antineutrino*. D'ailleurs, en supposant que nous ayons affaire à un corpuscule de masse propre nulle [le neutrino dans la conception de F. Perrin et de E. Fermi (²)] et se plaçant dans le cas d'une onde plane, les équations ($3a$) et ($3b$) deviennent identiques aux équations de Maxwell pour le vide. Ce résultat semble donc lever l'objection de Pauli (³) contre la théorie de M. L. Broglie.

Remarquons que si l'on pouvait bâtir la théorie du champ électromagnétique sur la base de la théorie de Dirac, l'élaboration d'une théorie quantique et unitaire des champs se trouverait de ce chef considérablement facilitée.

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 135.

(²) F. Perrin, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1625; **198**, 1934, p. 2086; E. Fermi, *Il Nuovo Cimento*, **11**, 1934, p. 1.

(³) *Z. f. Physik*, **80**, 1933, p. 573.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Influence des antidétonants sur la vitesse de combustion et la température d'échappement dans les moteurs à explosion.* Note [1] de MM. **Jean Pontremoli** et **Max Serruys**, présentée par M. E. Jouguet.

On sait que l'addition de corps antidétonants, ou de combustibles peu détonants, au combustible de base retarde l'apparition du choc dans les moteurs à essence, mais il est intéressant de savoir en outre si de semblables additions modifient l'allure des combustions *déflagrantes*. En effet, l'intensité et la nature des modifications qui pourraient être constatées dans cet ordre d'idées intéresse à la fois le mécanisme d'action, encore problématique, des antidétonants sur la combustion et sur le choc, ainsi que le fonctionnement pratique des moteurs.

Effectivement, des expériences ont déjà été réalisées depuis longtemps par le procédé photographique (Duchène), qui montrent que, lorsqu'il s'agit de corps antidétonants ajoutés à dose très faible (de l'ordre de 1/1000e), *la vitesse de propagation de la flamme*, soit avant le choc, soit en l'absence du choc, *ne semble pas modifiée*. Toutefois, ces mêmes expériences montrent que la nature des radiations émises est profondément modifiée, et l'on peut à bon droit se demander si le dégagement de chaleur produit par la combustion ne se trouve pas altéré.

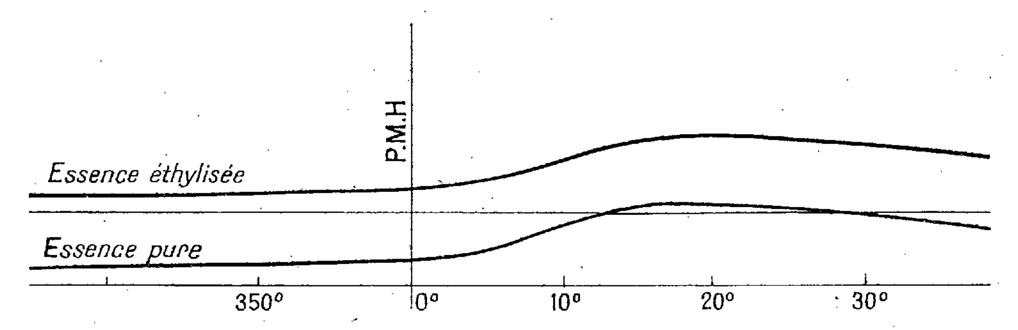
Les expériences que nous allons relater forment deux séries indépendantes effectuées dans des conditions différentes et par des expérimentateurs différents dont les résultats se recoupent sur certains points et se complètent sur d'autres.

Dans un premier groupe de mesures concernant plus particulièrement l'action du plomb tétraéthyl, on a enregistré, outre les mesures habituelles, le *diagramme des pressions en fonction des angles de manivelle* à l'aide du manographe optique à faible inertie de M. Serruys. Dans ce groupe d'expériences comme dans le suivant, la substitution d'un carburant à un autre a été effectuée sans arrêter le moteur ni changer aucun réglage. Le moteur utilisé était un monocylindre d'une cylindrée de 800$^{cm^3}$, muni d'une chemise d'eau maintenue à température constante; culasse à forte turbulence.

Dans une première expérience, avec avance optima et compression 5,5/1,

[1] Séance du 25 juin 1934.

il n'a été observé aucune variation de puissance en ajoutant à l'essence 5/1000e d'éthyl-fluid en volume, et les écarts existant entre les vitesses maxima d'accroissement de pression mesurées sont inférieurs à ceux qui se produisent inévitablement entre des explosions successives lorsqu'on ne change pas de carburant (voir la figure).



Une seconde expérience analogue avec avance à l'allumage plus faible et compression 6/1 et 2/1000e d'éthyl-fluide *n'a permis de déceler aucune différence de puissance, de durée totale de la combustion, ni de température d'échappement*, comme le montre le tableau suivant :

Combustible.	Essence pure.	Même essence additionnée de 5/1000e éthyl-fluide en volume.
Délai d'allumage en degrés vilebrequin.....	9	9
Vitesse maxima d'accroissement de pression (par degré de rotation du vilebrequin)...	1,45 kg/cm^2	1,45
Durée totale de la combustion (à partir du point d'allumage).....................	32°	34°
Puissance..............................	5,21 CV	5,21 CV
T. M..................................	1250	1250
Pression maxima........................	25,8 kg/cm^2	24,8
Température à l'échappement............	547°	547°

Une seconde série de mesures effectuée sur un gros monocylindre refroidi par air à la vitesse assez faible de 120 km-heure, de 2,700 l de cylindrée environ, comprimé à 6,02/1 et tournant à 2030 t/m, on a mesuré simultanément la puissance, la température d'échappement et les températures de 13 points différents de la culasse, et l'on a comparé le fonctionnement avec essence pure, 73 octanes (moteur S.30 — 150° C.) et avec la même essence portée à 80 et à 87 par addition d'éthyl-fluide, ou de benzol, ou de benzol et alcool en parties égales.

Voici le résultat de ces essais :

Nature du combustible. — Essence.	Taux d'octane.	Température moyenne de culasse.	Température d'échappement.	Couple moteur.
1° Marche à pleins gaz sans suralimentation.				
Pure	73	242,3	860	31,3
Éthylisée	80	242,5	860	31,3
»	87	243,6	860	31,3
Benzolée	80	246,3	880	31,3
»	87	246,5	880	31,45
Benzolée et alcoolisée	80	243,6	880	31,55
» »	87	246,7	890	31,3
2° Marche à gaz réduits.				
Pure	73	216	860	22,5
Éthylisée	80	214,6	860	22,5
Alcoolisée et benzolée	80	220,2	890	22,2
» »	87	224	900	22,4

Comme on le voit, *du moment que le carburant de base ne donne lieu à aucune espèce de détonation*, l'addition d'éthyl-fluid aux doses courantes ne semble avoir produit aucune modification sensible du fonctionnement du moteur; au contraire, les additions assez massives de benzol ou d'alcool nécessaires pour produire le même effet antidétonant affectent légèrement la température d'échappement. Il semble donc que la vitesse de combustion n'ait pas un rapport direct avec le taux d'octane du combustible, mais plutôt avec sa composition chimique.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Compensation de la biréfringence des objectifs astronomiques.* Note de M. **André Couder**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Dans les lentilles minces qui constituent les objectifs astronomiques, la biréfringence que le recuit laisse subsister (trempe) présente généralement l'aspect suivant. Si l'on étudie un mince pinceau qui a traversé l'objectif de centre O en un point I pour parvenir au foyer F, on constate que la vibration R contenue dans le plan IOF est en retard sur la vibration T qui s'effectue dans le plan perpendiculaire au précédent passant par IF. La différence de marche ε des deux vibrations est nulle au centre O et croît de façon continue jusqu'au bord de l'objectif, où elle atteint sa plus grande valeur ε_1. J'ai trouvé que ε varie tantôt un peu moins vite, plus souvent un peu plus vite que le carré de OI; la loi parabolique étant d'ailleurs une approximation suffisante dans la plupart des cas.

La lumière incidente étant naturelle, l'énergie émergente est partagée également entre deux systèmes d'ondes R et T qui sont tangentes les unes aux autres sur l'axe optique. Considérons les ondes R_p et T_p tangentes au plan principal d'émergence. Si l'on emploie, pour diriger la retouche de l'objectif, les méthodes d'essai de Foucault ou de Hartmann, pratiquées en lumière naturelle, il est aisé de voir qu'on détermine en réalité la forme d'une onde fictive M_p définie comme équidistante de R_p et T_p. La retouche aboutit à faire de M_p une sphère exacte à une petite fraction de longueur d'onde près. Reste comme défaut l'effet de la trempe ; j'ai décrit ailleurs son aspect et indique la limite de la différence de marche tolérable : $\varepsilon_1 = 100$ millimicrons.

Il arrive que la biréfringence dépasse très notablement cette valeur dans les objectifs de grand diamètre, dont les verres n'ont pas bénéficié des méthodes actuelles de recuit. Il y a donc intérêt, dans un grand nombre de cas, à réduire l'effet de la biréfringence au moyen d'un compensateur convenable.

2. Les phénomènes décrits ci-dessus rappellent ceux qu'on observerait en plaçant à la suite d'un objectif non trempé, perpendiculairement à son axe optique, une lame à faces parallèles taillée dans une substance cristalline uniaxe positive. Le compensateur de trempe consistera donc en une lame de même définition, mais faite d'une substance négative, le spath, d'épaisseur convenable.

Comme la loi suivant laquelle varie la différence de marche avec l'inclinaison des rayons sur l'axe n'est pas rigoureusement la même pour l'objectif trempé et pour la lame de spath, le calcul de l'épaisseur e du compensateur comporte un ajustement empirique. Soit $\varepsilon_{0,9}$ la différence de marche observée à une distance de l'axe de l'objectif égale aux $9/10^e$ du rayon r de son ouverture utile; m le rapport de la longueur focale f au diamètre $2r$; j'ai trouvé qu'il convenait en général de prendre : $e = 67\,m^2\varepsilon_{0,9}$.

On peut placer la lame tout près de l'oculaire : sa largeur peut être de quelques centimètres seulement. Pour protéger les surfaces fragiles du spath, on colle sur chacune d'elles une mince lame de crown d'indice n. Si l'on donne à la surface externe de celle de ces lames qui est tournée vers l'objectif une courbure convexe, de rayon $\rho = (n-1)f$, tous les rayons issus du centre optique O traversent le spath suivant son axe cristallographique, et la compensation de la biréfringence est valable dans toute l'étendue du champ.

3. L'objectif du grand équatorial de l'Observatoire de Strasbourg a été récemment retaillé au laboratoire d'optique de l'Observatoire de Paris, et ses défauts résiduels sont devenus négligeables. Sa trempe étant notable, je lui ai adjoint un compensateur en spath ($2r = 49^{cm}$; $f = 692^{cm}$; $\varepsilon_{0,9} = 0,34 \times 10^{-4}$ cm; $e = 0,46^{cm}$). Quelques mois d'observation ont permis à M. A. Danjon d'apprécier l'effet de cet accessoire.

Lorsque la stabilité des images permet l'emploi de grossissements compris entre 500 et 1200, on constate que l'auréole (formée principalement de cinq houppes de lumière), dont la trempe entourait les images stellaires, est résorbée. La tache centrale de la figure de diffraction a gagné en éclat aux dépens des anneaux, qui apparaissent circulaires et uniformément éclairés. Le contraste des images de la Lune, de Jupiter, s'est accru. Le disque de Vesta (diamètre inférieur à 0",3) est devenu sensible. Les taches sombres de Ganymède peuvent être aisément observées.

L'amélioration se fait sentir même lorsque l'agitation atmosphérique est assez forte pour briser en une poussière de franges les anneaux de diffraction : dans ces conditions, il est encore possible de séparer les composantes de φ *Ursæ majoris* (0" 35).

ASTROPHYSIQUE. — *L'extrémité ultraviolette du spectre du ciel nocturne.* Note de M. **J. Gauzit**, présentée par M. Ch. Fabry.

Collaborant aux recherches de MM. Cabannes et Dufay [1] j'ai étudié, au moyen d'un spectrographe à optique de quartz, le spectre ultraviolet du ciel nocturne.

Le système dispersif du spectroscope comprend un prisme de Cornu de 60° et deux prismes de quartz, droit et gauche, de 30°, placés de part et d'autre du prisme de Cornu; le premier prisme est traversé normalement par les rayons incidents, tandis que le rayon émergent moyen sort normalement du dernier. Comme objectif de la chambre photographique, j'ai utilisé deux lentilles de quartz identiques, plan-convexes, placées l'une derrière l'autre, les faces courbes en avant : ce système a une distance focale de 10^{cm} environ et il est ouvert à F/2. A cause du défaut d'achromatisme, la plaque est fortement inclinée par rapport au rayon moyen, mais

(1) J. Dufay, *Journal de Physique*, 7e série, 4, 1933, p. 221; *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 107; J. Cabannes et J. Dufay, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 306; J. Cabannes, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2132.

les images de la fente sont satisfaisantes dans un grand intervalle spectral, par exemple de 2900 Å à 4100 Å. La dispersion varie de 130 Å par millimètre vers 3000 Å à 300 Å par millimètre vers 4000 Å.

Depuis le mois de décembre 1933, j'ai obtenu, à Montpellier, 10 spectres; 7 ont été bons pour mériter une étude.

Suivant les conseils de M. Dufay (¹), j'ai dirigé le spectroscope vers le Nord, à une hauteur de 10° environ au-dessus de l'horizon; l'image monochromatique de la fente avait une largeur de 60 microns. Les temps de pose ont varié, suivant les conditions météorologiques, de 21 heures à 55 heures. Les clichés, énergiquement révélés, ont été étudiés au microphotomètre Zeiss; ils ont été étalonnés par comparaison avec les spectres du ciel diurne, de l'arc au mercure et de l'arc au fer.

4175 (4) N, A	3891 (0) N	3599 (?) N	3303 (3) N
4160 (1) N	3884 (3) N, A	3593 (1) N	3296 (1) N
4144 (1) N, A	3875 (?) A	3582 (1) N, A	3290 (2) N
4135 (3) N	3864 (?)	3572 (1) A	3261 (?)
4110 (1) N	3853 (1)	3563 (1) A	3238 (?)
4101 (1) N	3838 (?)	3556 (5) N	3228 (1) N
4092 (2) N, A	3831 (2) N	3543 (2) N	3220 (1)
4083 (2) N	3822 (2)	3537 (2) A	3210 (0)
4074 (3) N, A	3816 (0) N	3510 (1) N	3206 (1)
4067 (1) N	3807 (1) N, A	3501 (1) A	3201 (2)
4058 (1) N	3785 (1) N	3489 (?)	3195 (?) N
4052 (1) N	3778 (0)	3471 (4) N	3185 (1) N
4045 (0) N	3768 (0) A	3462 (1)	3176 (1)
4036 (0) N	3746 (0)	3454 (1)	3167 (1) N
4022 (2) N	3736 (2) N	3446 (?) N	3160 (1) N, A
4013 (1) N	3730 (?) A	3436 (2)	3150 (?)
4002 (1) N	3721 (0) N	3426 (2) N, A	3136 (1) N, A
3995 (0) N, A	3712 (2) N	3415 (?)	3124 (?) N
3990 (0) N	3708 (1) N	3408 (2)	3119 (2) N
3980 (0) N, A	3677 (1) N	3392 (?)	3100 (1) N
3975 (2) N	3669 (2) N	3383 (1) N	3076 (2) N
3965 (3) N	3660 (1) N	3372 (3) N, A	3054 (1) N
3950 (1) N	3643 (1) N	3365 (?) N	3019 (2)
3936 (2) N	3633 (?)	3360 (1)	3010 (1)
3921 (?) N	3626 (1) N	3342 (1)	2975 (1)
3916 (2) N, A	3618 (2) N	3327 (?)	2963 (2)
3909 (?) N	3612 (?) N	3315 (1)	
3902 (0) N, A	3606 (0) N	3310 (2) N	

(¹) *Journal de Physique*, *loc. cit.*, p. 225.

Sur les enregistrements au microphotomètre les raies sombres de Frauenhofer ne peuvent pas en général être distinguées. Par contre l'étude attentive de ces enregistrements et leur comparaison m'ont permis de dresser le tableau, que je reproduis ici, des longueurs d'onde des radiations émises par le ciel nocturne dans le violet et l'ultraviolet; les lettres N et A rappellent que les raies d'émission ont été déjà observées dans le ciel nocturne N (1) ou dans l'aurore polaire (A). Les intensités ont été estimées, assez arbitrairement, entre o et 5.

On reconnaît, dans ce spectre, la plupart des raies ultraviolettes du spectre de l'aurore, notamment les bandes positives et négatives de l'azote, mais leur intensité est faible. Poursuivant l'identification suggérée par Cabannes et Dufay (2) je crois retrouver les principales raies violettes et ultraviolettes du parhélium (4144, 3965, 3936, 3872, 3833, 3806, 3785, 3769, 3296, 3258, 3231, 3212, 3197, 3176), et de l'orthohélium (3889, 3820, 3786, 3733, 3705, 3634, 3613, 3599, 3563, 3554, 3537, 3512, 3502, 3490, 3472, 3462, 3457, 3447), celles du spectre rouge de l'argon (4159, 4045, 3949, 3900, 3835, 3775, 3770, 3744, 3675, 3670, 3660, 3643, 3606, 3599, 3572, 3564, 3556, 3546, 3461, 3455, 3442, 3406, 3393, 3382, 3373, 3360, 3325, 3295, 3175), et celles du spectre des noyaux cométaires (4110, 4100, 4085, 4074, 4068, 4052, 4020, 4014, 4002, 3993, 3988, 3968, 3911).

L'origine de certaines raies intenses demeure incertaine.

Un fait curieux et intéressant paraît être la présence de raies d'émission dans la région de la grande bande d'absorption (bande de Hartley) de l'ozone atmosphérique; mais ce fait demande confirmation et je me propose de continuer ce travail.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Le spectre continu des comètes.* Note de M. **Fernand Baldet**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les enregistrements microphotométriques que M. Bobrovnikoff (3) a effectués sur les spectres de 22 comètes photographiés à l'Observatoire

(1) L'existence de certaines raies marquées N n'a pas été encore signalée mais m'a été confirmée par M. Dufay.

(2) J. Cabannes et J. Dufay, *loc. cit.*

(3) *Astrophysical Journal*, 66, 1927, p. 145 et 439.

Yerkes de 1908 à 1927, au moyen de prismes-objectifs, l'ont conduit à admettre que ces astres présentaient deux types de spectres continus, l'un qu'il a appelé *type solaire* parce que son maximum d'intensité (photographique) se trouve vers λ 4700, et l'autre *type violet*, ayant son maximum vers λ 4000. Sur les 140 spectrogrammes étudiés, 132 ont été pris avec un prisme-objectif ($f = 81^{cm},4$, prisme de 15°) donnant une dispersion linéaire de $3^{mm},1$ entre H_β (4861 A) et H_θ (3798 A).

La comparaison de ses résultats et de ceux donnés par les spectres que M. de la Baume Pluvinel et moi avons obtenus, m'a conduit à une interprétation différente.

Les spectres que j'ai examinés sont au nombre de 81, dont 70 se rapportent aux sept comètes : 1908 III, 1910 I, 1910 II, 1911 II, 1911 V, 1911 VI et 1912 II également étudiées par M. Bobrovnikoff. Mais les nôtres ont presque tous (63 sur 70) une plus grande dispersion avec une distance focale plus courte : objectifs de 25^{cm} ($f/2,9$) et 30^{cm} ($f/3,8$) de foyer, prisme de flint de 60°, dispersion linéaire de H_β à $H_\theta = 12^{mm},1$ pour le 25^{cm} et $14^{mm},5$ pour le 30^{cm}. Ils ont donc une *pureté* relative (au sens de Schuster) 12,7 fois plus grande, et présentent des détails invisibles sur ceux de Yerkes.

Or l'examen de ces clichés et de leurs microphotogrammes montre que les deux types de spectres dits continus, qui semblent apparaître si nettement sur les tracés microphotométriques de M. Bobrovnikoff, sont dus à l'extension et à l'intensité variable des nombreuses images monochromatiques des gaz de la tête entourant le noyau, en particulier à celles produites par le groupe violet de radiations non identifiées ([1]) comprises entre λ3970 et λ4110. Les grosses images de la tête données par la suite de bandes CN 3883 empiètent également sur les régions voisines et en modifient les opacités. Toutes ces images de la comète sont superposées au véritable spectre solaire continu sous-jacent, qui se révèle par la présence des raies sombres H et K, et le modifient complètement. Lorsque la comète est loin du Soleil, le groupe violet est relativement intense et étendu, ce qui donne naissance au type violet; lorsqu'elle s'en rapproche, il diminue à la fois en intensité et en dimensions (relativement aux bandes

---

([1]) J'ai montré qu'on ne pouvait pas les identifier avec les bandes de Raffety (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1531). Elles ont été retrouvées récemment par MM. Cabannes et Dufay dans le ciel du spectre nocturne (*Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 308).

CN 3883) et l'on a alors le type solaire. Pour la comète Brooks (1911 V), le groupe violet a passé par son maximum relatif d'importance à la distance du Soleil $r = 0,85$ [1]. Parfois ses variations ont lieu en quelques heures selon l'activité du noyau.

Dans un travail plus récent, M. S. Vsessviatsky [2] a annoncé que l'étude microphotométrique de 17 spectres de la comète Brooks (1911 V), de la collection de l'Observatoire de Moscou, confirmait la découverte des deux types de spectres continus de M. Bobrovnikoff. Or, j'ai étudié les 22 bons spectres, très détaillés, de cette comète, obtenus du 24 août au 31 octobre 1911 ($r = 1,43$ à $0,49$) avec le prisme objectif de 30^{cm} de foyer, et c'est principalement sur eux que j'ai nettement vu la superposition, au spectre continu de la lumière solaire diffusée par les gaz de la comète, des images monochromatiques de la partie centrale de la tête qui empiètent toutes plus ou moins les unes sur les autres. Les courbes dessinées par M. Vsessviatsky sur chaque spectre (qui mesurent respectivement 4 et 8^{mm} entre H_β et H_ζ), en reliant simplement par un trait les minima d'opacité de leurs microphotogrammes, comme l'avait fait M. Bobrovnikoff pour les siens, ne représentent donc pas seulement la courbe du spectre continu, mais la résultante de celle-ci avec les images de la tête aux points considérés.

En résumé, c'est principalement aux images monochromatiques diffuses de la tête et à leurs variations d'intensité et de dimensions qu'il faut attribuer, à mon avis, les apparences signalées par ces deux astronomes.

Cette conclusion ne préjuge du reste en rien des variations réelles que le spectre continu a pu subir au cours de l'apparition de chaque comète. La superposition au spectre solaire primitif d'un spectre continu ayant une autre origine que la diffusion moléculaire a été souvent envisagée. M. Willi Cohn [3] a de nouveau attiré l'attention sur elle à la suite de ses expériences sur l'obtention de spectres continus par bombardement électronique d'ions de différents corps dans un vide élevé. Mais pour mettre nettement ces variations en évidence, il faudrait pouvoir éliminer les radiations superposées, et les petits spectrogrammes des chambres prismatiques s'y prêtent difficilement. Des données précises sur cette intéressante question ne semblent pouvoir être fournies que par des spectres obtenus au moyen de spectrographes à fente, suffisamment lumineux et dispersifs, qui permettent d'atteindre une pureté beaucoup plus grande.

---

(1) F. Baldet, *Annales de l'Observatoire de Meudon*, 7, 1926, p. 44.

(2) *Zeitschrift für Astrophysik*, 6, 1933, p. 310.

(3) *Astrophysical Journal*, 76, 1932, p. 277.

CHALEUR. — *Étude expérimentale de l'état thermique pendant la soudure autogène.* Note [1] de MM. **A. Portevin** et **D. Séférian**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'état thermique résultant de l'opération de soudure autogène peut avoir une grande répercussion sur les propriétés mécaniques de l'assemblage résultant, tant en agissant sur les propriétés spécifiques du métal en chaque point de la zone chauffée, qu'en provoquant des modifications d'ensemble (déformations, efforts internes, ruptures) dues à des inégalités instantanées de température [2]. En particulier, l'état en chaque point de coordonnées x, y, z, dépend du cycle thermique $\theta = f_{x,y,z}(t)$ parcouru par ce point, au cours duquel peuvent se manifester des effets de revenu, de recristallisation, de surchauffe, de trempe et d'hypertrempe, phénomènes fonctions de ce cycle.

La connaissance de cet état thermique $\Theta = F(x, y, z, t)$ ne peut être acquise analytiquement ; le problème du déplacement de la zone fondue de la masse métallique, conduit à des calculs longs et compliqués, même pour des cas arbitrairement simplifiés ne représentant plus la réalité et la pratique. Et cependant, d'après ce que nous venons de dire, il y a lieu de connaître l'importance relative des divers facteurs qui influent sur cet état thermique.

Nous avons donc procédé expérimentalement en enregistrant les courbes d'échauffement et de refroidissement en divers points de la masse métallique, à des distances variées de la ligne de soudure, les couples platine-platine rhodié en fil fin (2/10 de mm) étant, soit logés dans l'épaisseur du métal, soit soudés électriquement à la surface.

Ces essais ont été faits sur plaques et sur barres de section ronde ou carrée d'épaisseur variable, en divers métaux et alliages, de caractéristiques thermiques (conductibilité, chaleur spécifique, chaleur de fusion, etc.) variées, de manière à se rendre compte de l'influence des différents facteurs.

Les résultats des mesures de température permettent de représenter la répartition thermique dans un plan par une surface $\theta = \varphi(x, y)$ telle que celle donnée dans les figures 1, 2 et 3, surface dont le déplacement accompagne celui de la source de chaleur provoquant la fusion du métal.

---

(1) Séance du 25 juin 1934.

(2) Voir A. Portevin, *Les bases scientifiques de la soudure autogène*, conférence faite à la Société des Ingénieurs Soudeurs le 27 Avril 1933.

D'après l'examen de ces surfaces ainsi tracées, les facteurs qui paraissent avoir une influence prépondérante sur l'état thermique sont :

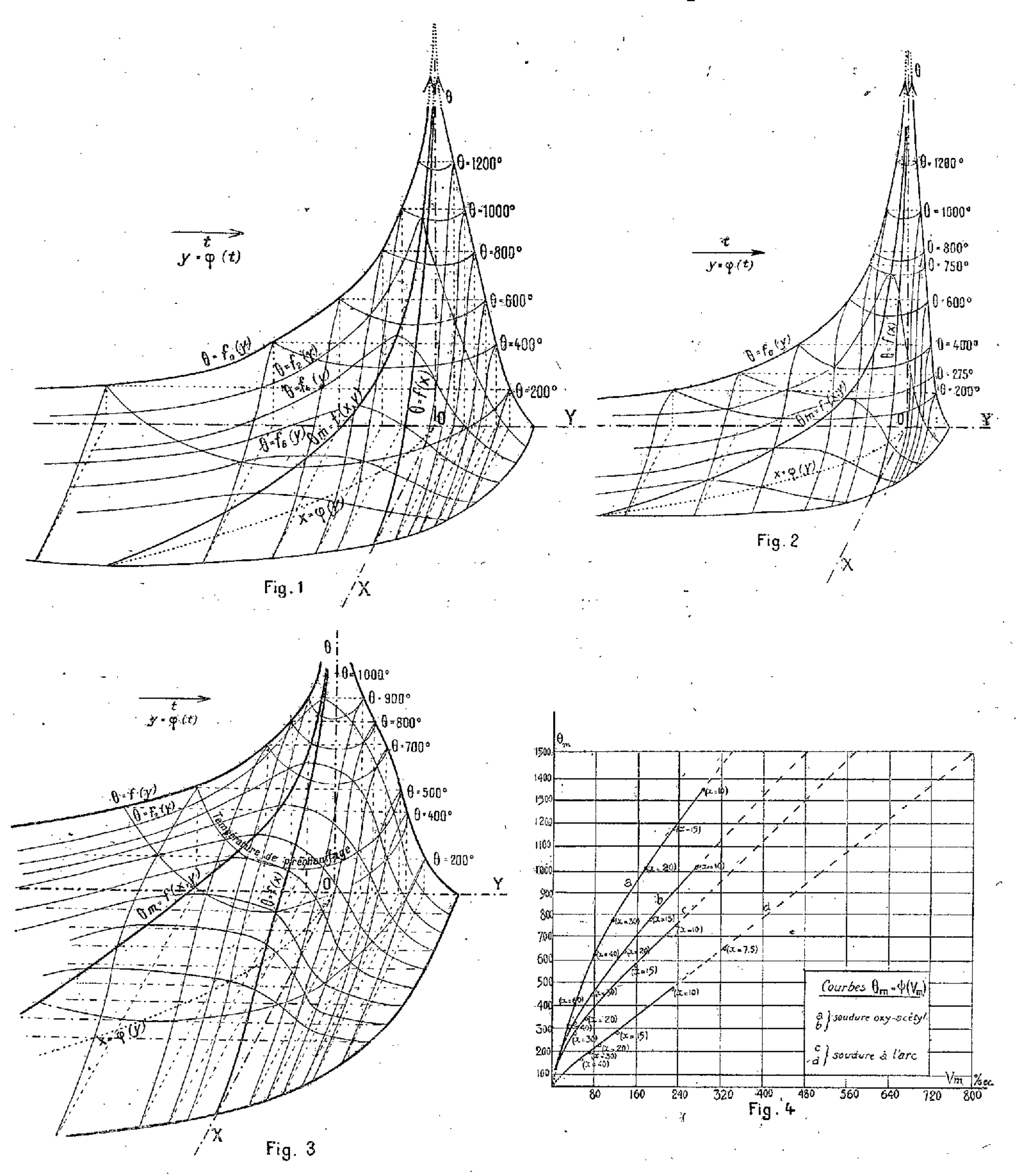


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

1° le procédé de fusion, arc ou chalumeau : l'arc produisant un échauffement plus brusque, c'est-à-dire déterminant des gradients de température et des vitesses de refroidissement V, plus élevés (*fig.* 1 et 2 : acier extra-doux en plaques de 10^{mm} d'épaisseur) ;

2° les propriétés calorifiques du métal et la température initiale de préchauffage avant soudure s'il y a lieu (exemple, *fig.* 3, cas du cuivre : en plaques de 10^{mm} d'épaisseur);

3° les dimensions et la forme des pièces à assembler par soudure, suivant qu'elles s'étendent dans une, deux ou trois directions de l'espace (barres, plaques, pièces massives), et suivant l'épaisseur dans le cas de plaques ou de barres.

Les autres facteurs, notamment la méthode de soudure utilisée, apparaissent n'avoir qu'une influence secondaire.

Il s'ensuit que les phénomènes de trempe (et plus généralement de traitement thermique) doivent être étudiés principalement en fonction de ces trois groupes de variables, en étudiant les positions relatives de la courbe $\theta_{max} = \psi(V_{max})$ (exemple, *fig.* 4, *a* et *c* plaques, *b* et *d* barres carrées de 10^{mm}, en acier extra-doux), déterminée par ces études, vis-à-vis des courbes caractéristiques de trempe relatives à l'acier considéré [1].

PHYSIQUE. — *Moments électriques superficiels au sein d'un liquide.* Note [2] de Mlle **N. Choucroun**, présentée par M. Jean Perrin.

1. J'ai réalisé un dispositif correct d'électrophorèse qui permet le transport électrique et le fractionnement de particules chargées dans un champ élevé bien défini où cependant le milieu demeure invariable [3]. Mais cette observation ne permettait pas de mesurer l'électrisation. Cette électrisation est constituée par une couche double grossièrement assimilable à un système de deux feuillets de densité σ, l'un adhérant à la paroi, l'autre mobile situé dans le liquide à une distance d, le produit σd ou *moment électrique superficiel* mesurant l'électrisation.

Contre une paroi immobile le feuillet liquide se déplace dans un champ H avec une vitesse v_ω égale à $\sigma d . H/\eta$ (η étant la viscosité). Pour des sphérules en suspension, un calcul connu donne $\sigma d . 2H/3\eta$ pour la vitesse propre v_p qui s'ajoute algébriquement à celle du liquide environnant, l'observation individuelle étant nécessaire pour mesurer σd.

---

(1) Voir A. Portevin, *Soudure autogène et métallographie*, conférence faite le 15 mai 1931.

(2) Séance du 25 juin 1934.

(3) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 777.

2. A cette fin, j'ai réalisé, selon les mêmes principes, un appareil à électrophorèse microscopique, cuve plate creusée dans une glace plane d'environ 4^{cm} de côté et formée par deux rigoles en U d'environ 10^{mm^2} de section réunies par une rainure plate de 1^{cm} de longueur, 1^{mm} de largeur, et 100 microns de profondeur, le tout pouvant être recouvert par un couvre-objet adhérant parfaitement à la glace. La partie inférieure de chaque tube en U peut être remplie de gélatine conductrice baignée d'un côté par la solution, de l'autre par un milieu conducteur où plonge l'électrode.

A cause de la grande conductibilité ainsi réalisée jusqu'à l'émulsion soumise à l'électrophorèse, et à cause de la faible section de la rainure que vise le microscope, le voltage est pratiquement concentré dans cette rainure qui, de plus, ne peut être atteinte pendant la faible durée nécessaire à l'observation par les ions formés aux électrodes.

Le calcul m'a donné pour la vitesse d'un point du liquide l'expression parabolique $v_\omega[3/2\,(a^2 - x^2/a^2) - 1]$ où x désigne la distance d'un point au plan médian et $2a$ l'épaisseur de la rainure. Cette vitesse varie donc depuis v_ω contre la paroi jusqu'à $-v_\omega/2$ sur le plan médian, en s'annulant sur les plans situés de part et d'autre du plan médian à la distance $a/\sqrt{3}$.

En chaque point du liquide, la particule chargée ajoute algébriquement sa propre vitesse, et nous comprenons qu'il suffit de mesurer la vitesse sur le plan médian d'une part, sur les plans de vitesse nulle d'autre part, pour avoir à la fois les moments électriques de la particule chargée et de la paroi.

3. J'ai ainsi déterminé, notamment, les moments électriques superficiels de la gomme-gutte et du mastic en fonction du pH. J'ai obtenu du même coup ceux de la paroi de verre. Cet étalonnage de la cuve dans un milieu qui ne contient que des billes vitreuses insolubles a permis de deceler dans les cas où la paroi peut se teindre (par matières grasses ou matières colorantes), l'existence et l'influence de cette teinture.

Sans pouvoir donner ici de chiffres, je signale que la discussion des résultats dans le cas de solutions peu conductrices, où l'on a idée (Gouy, Costantin) de l'épaisseur de la couche double, fait apparaître pour l'électrisation de contact une structure très lacunaire, le dix-millième seulement de la surface étant recouvert par les ions : imaginons pour un carrelage de 10^{cm} de coté un grain de plomb sur chaque carreau.

4. Lacunaire à l'échelle moléculaire, l'électrisation des particules constituées par une substance homogène inerte, apparaît cependant uniforme à notre échelle d'observation : toutes les particules de gomme-gutte par exemple ont la même mobilité et par suite le même moment électrique superficiel, aux fluctuations statistiques près.

Un caractère différent est apparu, quand j'ai utilisé cette méthode pour déterminer, en collaboration avec le Dr Plotz, l'importance de l'électrisation de certaines bactéries.

C'est ainsi que, ayant placé dans l'appareil précédent diverses bactéries, nous avons observé que le bâtonnet d'aspect homogène qui constitue la bactérie s'oriente parallèlement au champ (sauf irrégularités dues au mouvement brownien) et se déplace vers l'électrode qui l'attire. Si on inverse le champ, le bâtonnet se met à cheminer en sens inverse, *mais en se retournant par une sorte de tête à queue*, de façon que le bacille dirige toujours la même extrémité vers l'électrode qui l'attire. Ceci démontre que l'électrisation n'est pas uniforme le long de la surface du bâtonnet et cette hétérogénéité révèle une structure qui échappe à l'observation morphologique.

5. Un autre caractère est apparu par l'observation de plusieurs bacilles d'une même émulsion. On pouvait s'attendre à trouver, pour les mobilités des bacilles, une répartition statistique autour d'une valeur normale comme il arrive pour la taille des individus appartenant à une même espèce. En fait, les premières statistiques suggèrent plusieurs groupes. Si ce résultat s'affirme, la séparation par le champ de ces groupes semble pouvoir être intéressante au point de vue biologique.

6. Enfin, observant le comportement de certaines levures, j'ai observé, comme avec les bactéries, une hétérogénéité nette de l'électrisation, c'est-à-dire de la paroi de la cellule, mais, de plus, j'ai vu que, pour une même cellule, l'électrisation peut varier au cours du temps, en grandeur et même en signe.

Il y a lieu alors de se demander si l'électrisation décelable par la mobilité de la particule dans le champ n'est pas fonction du rythme vital de la cellule, et si elle n'est pas susceptible de donner un *nouveau moyen d'étude* de ce rythme vital.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence de la pression sur la résistance électrique d'un bâtonnet d'oxyde de zirconium impur dans l'air.* Note (1) de M. **James Basset**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait que les oxydes métalliques constituent des conducteurs électriques de seconde espèce, à coefficient de température négatif. Ils sont isolants à la température ordinaire et leur conductibilité électrique croît très

(1) Séance du 25 juin 1934.

rapidement avec la température. La conductibilité est considérablement augmentée par la présence d'impuretés constituées par certains oxydes de terres rares.

Nous avons constaté que la pression du milieu ambiant influence considérablement la conductibilité électrique.

Nous opérons sur des bâtonnets qui ont la composition suivante :

Oxyde de zirconium impur	80 pour 100
Oxyde de thorium impur	10 »
Oxyde d'yttrium impur	10 »

Les prises de courant sont assurées aux extrémités par des houppes de 10 fils de platine très fin, spiralés, noyées dans le mélange d'oxydes pulvérulent humide, le tout est ensuite comprimé à 500 kg/cm² et cuit à 1400°. La partie centrale active a 15^{mm} de longueur et une section carrée de 1,4 × 1^{mm},4.

Le bâtonnet est ensuite mis sous tension à chaud et la partie centrale se trouve portée à une température voisine de 2200° qui est maintenue pendant une heure environ.

Dans l'air à 20° la résistance d'un bâtonnet est de l'ordre de 100 méghoms. Cette résistance tombe à 9000 ohms à 800°, 50 ohms à 1800° et 18 ohms à 2400°. Une tension de 60 volts suffit pour assurer l'incandescence du bâtonnet à partir de 800° et porter sa température à 2000° avec une résistance de stabilisation de 30 ohms en série.

Pour l'étude de la résistance sous pression, nous employons la chambre à ultra-pression déjà décrite par nous ([1]), munie d'un enroulement chauffant qui permet de maintenir le bâtonnet à température constante dans l'enceinte sous pression.

Nous avons constaté qu'à température constante la résistance électrique augmente avec la pression. Dans l'air à 900° par exemple, la résistance d'un bâtonnet passe de 4500 ohms sous la pression atmosphérique, à plus d'un million d'ohms sous 4000 kg/cm².

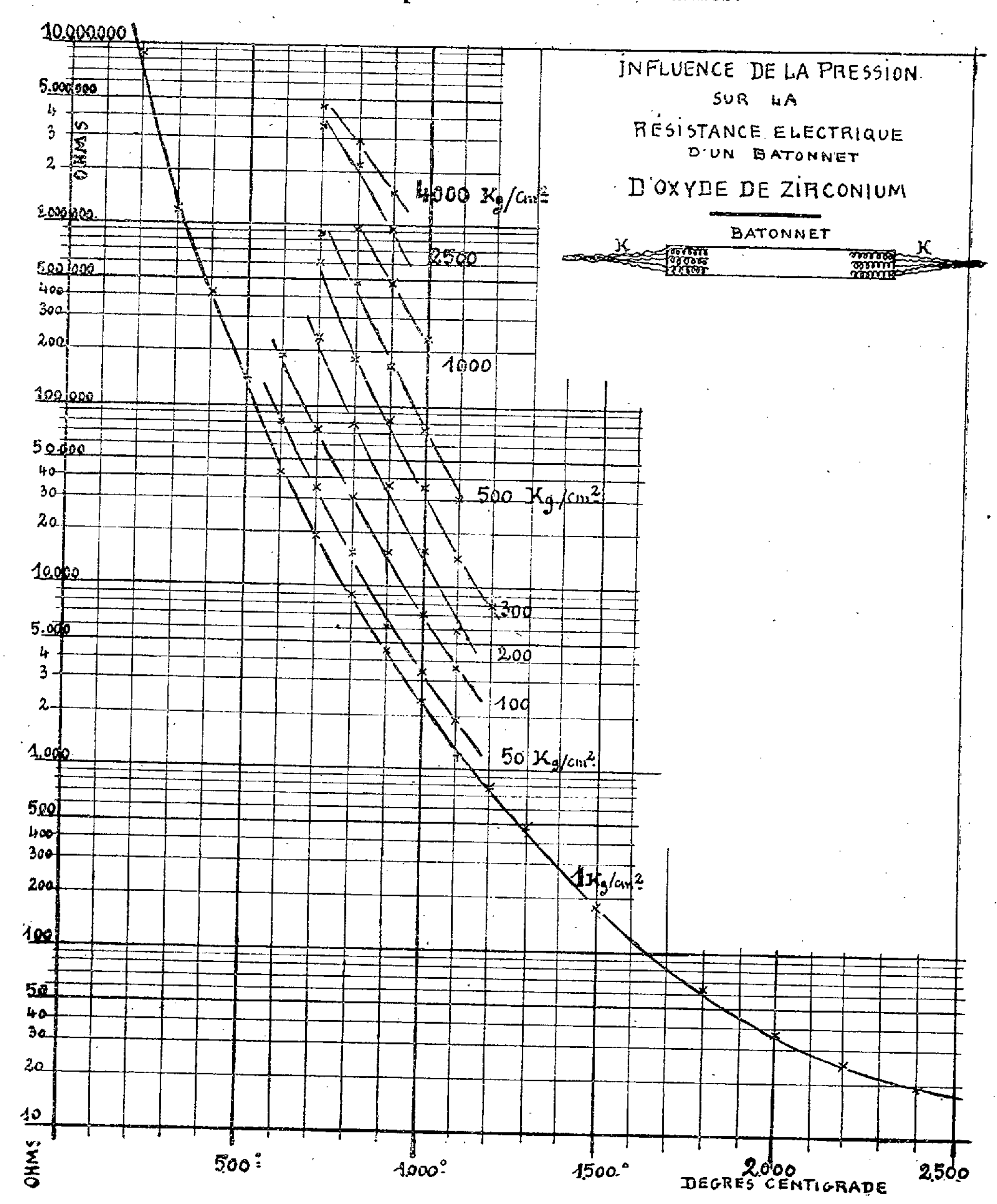
La figure ci-après donne les résultats obtenus au cours d'un grand nombre d'expériences. Il est important de faire varier lentement aussi bien la température que la pression au cours des expériences pour éviter la fissuration du bâtonnet étudié.

Les bâtonnets étaient essayés à la pression atmosphérique avant et après

---

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1242.

avoir été soumis aux expériences sous pression pour vérifier que les essais sous pression ne les avaient pas détériorés ou modifiés.



Nous avons également constaté que : une tension de 60 volts étant suffisante pour provoquer l'allumage d'un bâtonnet à 800° à la pression atmo-

sphérique, une tension de 600 volts ne permet pas l'allumage de ce même bâtonnet à 800° sous 200 kg de pression seulement.

Les résistances observées peuvent varier considérablement d'une série de bâtonnets à une autre. L'influence des impuretés dans les oxydes employés étant considérable, le phénomène conserve la même allure.

SPECTROSCOPIE. — *L'analyse du premier spectre d'étincelle du brome.* Note de MM. **Léon Bloch, Eugène Bloch** et **Pierre Lacroute**.

La théorie prévoit que les termes du premier spectre d'étincelle du brome (Br II) doivent se diviser en trois familles principales que nous appellerons les familles A, B, C, construites respectivement sur les termes ${}^4S$, ${}^2D$ et ${}^2P$ de l'ion Br III. Nous avons déjà donné (1) un certain nombre de termes importants de la famille A, en particulier les termes S et P de quintuplets et de triplets qui proviennent des configurations $4p^3 5s$ et $4p^3 5p$.

Nous avons pu, avec l'aide de l'effet Zeeman et par des rapprochements avec les spectres de Cl II et I II (2), étendre considérablement l'analyse du spectre Br II et obtenir en particulier un assez grand nombre de termes de la famille B. Voici la liste des termes actuellement connus, avec les configurations électroniques qui leur correspondent (1ᵉʳ colonne) et les valeurs du facteur g de Landé (4ᵉ colonne) lorsqu'elles sont connues. Les termes publiés antérieurement sont marqués par un astérisque.

Famille A.

$4p^4$......	${}^3P_2$	174119	–	$4p^3 6s$.....	${}^5S_2^*$	38324,73	2,02
$4p^3 5s$....	${}^5S_2^*$	80191,52	2,02		${}^3S_1$	36511,01	–
	${}^2S_1^*$	75642,62	1,99	$4p^3 5d$....	${}^3D_2$	37909,02	–
$4p^3 5p$....	${}^5P_1^*$	59436,24	2,51		${}^3D_1$	35991,97	–
	${}^5P_2^*$	59300,88	1,83		${}^5D_4^*$	33826,87	1,51
	${}^5P_3^*$	58942,83	1,69		${}^5D_3^*$	33824,47	1,50
	${}^3P_1^*$	56557,50	1,49		${}^5D_2^*$	33611,96	1,51
	${}^3P_2^*$	56351,44	1,51	$4p^3$?.....	X_2	33995,45	1,50
	${}^3P_0^*$	56284,66	0:0		X_1	33896,27	1,49
$4p^3 4d$...	${}^3D_2$	77679,61	–		X_0	33895,45	0:0
	${}^3D_1$	75311,65	–	$4p^3 6d$....	${}^3D_2$	22660,70	–

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 232; *Journal de Physique et le Radium*, 4, 1933, p. 148 S.

(2) Lacroute, *Thèse de doctorat*, sous presse.

Famille B.

$4p^3 5s$....	$^1D_2$	65657,09	1,01	$4p^3 5p$....	$^3P_0$	40544,37	0:0
	$^3D_1$	64690,79	0,55		$^3P_1$	40517,86	1,48
	$^3D_2$	64436,48	1,14		$^1D_2$	37511,27	1,01
	$^3D_3$	63740,78	1,29	$4p^3 4d$....	$^3F_2$	62588,48	1,10
$4p^3 5p$....	$^3D_1$	45442,74	0,67		$^3D_1$	61723,14	0,52
	$^3D_2$	44153,14	0,97		$^3D_3$	61658,45	1,29
	$^3F_2$	43509,12	0,86		$^3D_2$	61179,54	1,06
	$^3D_3$	43465,12	1,13	$4p^3 5d$....	$^3D_2$	22616,73	1,30
	$^1P_1$	43295,18	1,08		$^3D_3$	21738,42	1,28
	$^3F_3$	42810,25	1,18		$^3F_2$	18527,39	0,71
	$^1F_3$	42430,25	1,06		$^3F_4$	17434,61	1,20
	$^3P_2$	40840,87	1,42				

Ce tableau appelle plusieurs remarques.

1° Parmi les termes très profonds, qu'on peut regarder comme fondamentaux, nous n'avons fait figurer jusqu'ici que le terme $^3P_2$ qui nous paraît tout à fait sûr et qui conduit à la valeur 21,5 volts du potentiel d'ionisation de BrII.

2° Les termes des deux familles A et B correspondant aux configurations $4p^3 5s$ et $4p^3 5p$ sont actuellement tous connus (sauf le terme $^3F_4$). Leurs désignations ne paraissent pas douteuses, sauf quelques interversions possibles parmi ceux des termes de la configuration $4p^3 5p$ de la famille B qui possèdent le même quantum interne et dont les valeurs de g sont assez anormales : il s'agit des termes $^3D_2$, $^3F_2$ d'une part, des termes $^3D_3$, $^3F_3$, $^1F_3$ d'autre part.

3° Les termes correspondant aux configurations $4p^3\,nd$ ont reçu aussi des dénominations du type Russell Saunders, dont quelques-unes sont peut-être sujettes à révision. Nous avons désigné par la lettre X certains termes impairs de la famille A dont le quantum interne seul nous paraissait établi avec certitude. Leurs valeurs de g pourraient convenir à des termes ^5D ou ^3P; il est possible, en particulier, que certains d'entre eux viennent compléter le multiple t^5D dont nous ne donnons que les trois premiers termes.

4° Les deux familles A et B ont été raccordées entre elles par l'existence de certaines raies d'intercombinaison, au nombre d'une douzaine. L'ensemble du tableau est donc cohérent en lui-même, bien que les valeurs absolues soient peut-être, dans l'ensemble, susceptibles d'une légère retouche.

5° Certaines valeurs de g sont elles-mêmes susceptibles de légères corrections ultérieures. Cependant, avec les nombres actuellement adoptés, les règles de sommation se vérifient dans l'ensemble pour les termes de la configuration $4p^3\,5p$ de la famille B : ce groupe de termes est pour l'instant le seul qui permette une vérification de ce genre.

En résumé, nous avons obtenu de nombreuses régularités nouvelles dans le spectre de Br II et nous donnons les valeurs de 45 termes appartenant à la famille A et à la famille B de ce spectre. Ces termes permettent de classer environ 170 raies.

RADIOCHIMIE. — *Influence de la viscosité sur la décroissance du pouvoir fluorescent des solutions de certaines matières colorantes en fonction de la concentration.* Note de M. **Jean Bouchard**, présentée par M. Jean Perrin.

En faisant varier, par addition de divers alcools, d'acétone, de pyridine, etc., le pouvoir inducteur spécifique ε d'une solution de matière colorante, sans modifier sensiblement la viscosité, nous avons montré antérieurement que le coefficient k de la formule

$$\Phi = \Phi_0 C^{-kc} \tag{1}$$

donnant la variation du pouvoir fluorescent Φ rapporté à l'unité de masse de la solution en fonction de la concentration c de celle-ci en matière fluorescente, s'exprime par une relation de la forme

$$k = \frac{1}{A - B\varepsilon}, \tag{2}$$

ou, en appelant k_0 le coefficient relatif aux solutions aqueuses et ε_0 le pouvoir inducteur spécifique de l'eau

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_0} - B(\varepsilon - \varepsilon_0). \tag{3}$$

Poursuivant ces recherches, nous nous sommes proposé d'étudier l'influence qu'exerce, sur la variation du coefficient k, la viscosité du solvant.

Francis Perrin a indiqué que le coefficient k doit dépendre du coefficient

de diffusion des molécules dissoutes et par suite de la viscosité [1]. Il a effectivement constaté que des solutions de bleu fluorescent et d'éosine dans du glucose vitreux fournissaient des coefficients k respectivement 2,1 et 1,8 fois plus petits que pour les solutions liquides.

Nous avons opéré sur des solutions aqueuses de diverses matières colorantes dont nous faisions croître la viscosité par addition de glycérine. Pour chaque mélange d'eau et de glycérine utilisé comme solvant, nous avons déterminé, au moyen du fluoromètre de Francis Perrin, le pouvoir fluorescent Φ pour diverses concentrations c de la matière colorante. En représentant graphiquement la variation de $\log\Phi$ en fonction de c, on obtient une droite dont le coefficient angulaire est égal à k et dont l'ordonnée à l'origine est Φ_0.

Nous avons ainsi constaté que le pouvoir fluorescent limite Φ_0 garde une valeur sensiblement constante lorsque la viscosité éprouve des variations considérables (de l'ordre de 1 à 1000). Nos recherches antérieures nous avaient également montré que le coefficient Φ_0 dépendait peu du pouvoir inducteur spécifique du solvant. Le coefficient k varie notablement, mais, dans l'interprétation des résultats obtenus, il faut tenir compte de la variation de ce coefficient qui résulte de l'abaissement du pouvoir inducteur spécifique produit par l'accroissement de la teneur du solvant en glycérine. A partir de la formule (3) on peut, des valeurs expérimentales de k, déduire les valeurs k' qui auraient été obtenues si le pouvoir inducteur spécifique du solvant avait conservé la valeur relative à l'eau.

Le tableau suivant résume les résultats des mesures faites à la température de 15° pour l'uranine en solution décinormale de soude. Il donne, pour diverses teneurs ρ, des solutions en glycérine (exprimées en volume de glycérine par centimètre cube de solution) : 1° la viscosité η de la solution en unités C. G. S.; 2° le pouvoir inducteur spécifique ε du solvant mesuré à la fréquence de 10^6 p : s; 3° le coefficient k déduit directement des mesures expérimentales de Φ, la concentration d'uranine étant exprimée en grammes de fluorescéine acide par centimètre cube de solution; 4° la valeur k' de ce coefficient ramenée à une valeur de la constante diélectrique du solvant égale à celle de l'eau, soit :

$$k' = k + \left[k_0 - \frac{k_0}{1 - Bk_0(\varepsilon - \varepsilon_0)} \right] \tag{4}$$

(1) François Perrin, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2254.

ρ.	η.	ε.	$k.10^{-3}$.	$k'.10^{-3}$.
0	0,010	81,1	0,488	0,488
0,25	0,035	73,3	0,360	0,488
0,50	0,115	64,5	0,225	0,466
0,75	0,516	58,4	0,137	0,427
0,90	0,017	55,4	0,102	0,403
1	16,515	54,5	0,090	0,396

Les valeurs du coefficient k' diminuent à mesure que croît la viscosité et semblent tendre vers une limite.

En augmentant la viscosité du solvant, par addition de saccharose ou de glucose, on obtient, à égalité de viscosité, des valeurs de k' identiques, aux erreurs d'expérience près, à celles obtenues dans le cas de la glycérine.

Par des observations directes sur la diffusion des molécules de matières colorantes, nous avons reconnu que la courbe, traduisant la variation de la vitesse de diffusion en fonction de la viscosité du solvant, a la même allure que celle qui représente la variation du coefficient k' en fonction de cette viscosité. Ce résultat s'accorde avec l'hypothèse rattachant la décroissance du rendement lumineux des solutions fluorescentes en fonction de leur concentration à la vitesse de diffusion des molécules.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'énergie de liaison, la masse du neutron et le groupement des noyaux atomiques.* Note de M. G. **Monod-Herzen**, présentée par M. Jean Perrin.

Si l'on admet, comme étant l'hypothèse la plus simple, que les noyaux des isotopes d'un même élément dérivent du plus léger d'entre eux par adjonction de neutrons, on peut essayer d'évaluer la variation de masse que subit en moyenne le noyau à chaque adjonction d'un neutron.

Les mesures précises à quelques dix-millièmes près, des masses isotopiques, publiées par Aston (1) et par Gramow (2) montrent que cette variation ne dépend pas du numéro atomique, en première approximation, et que sa valeur moyenne, pour une vingtaine d'éléments est proche de 0,9995.

Si l'on admet comme masse du neutron la valeur 1,0085 on voit que la perte de masse correspondant à l'adjonction d'un neutron est de 0,009, ce

(1) *Mass-Spectra and Isotopes*, London, 1933.
(2) *Atomic Nuclei and Radioactivity*, Oxford, 1931.

qui correspond à une énergie de liaison de l'ordre de 10 millions d'électron-volts, grandeur en accord avec les expériences récentes de I. Curie, F. Joliot et P. Preiswerk (¹).

Une évaluation semblable, mais relative à l'adjonction d'un proton à un noyau, conduit à la même valeur, 10^7 eV, pour l'énergie de liaison. S'il se confirme que la probabilité d'expulser par choc, d'un noyau, un neutron est plus faible que la probabilité d'en expulser un proton, on en pourra conclure que la masse du neutron, bien que voisine de celle du proton, lui est pourtant supérieure.

Les nombres cités plus haut montrent qu'en moyenne l'adjonction d'un neutron augmente la perte de masse du noyau de 0,009. C'est ce que montre l'étude directe des tables numériques. En effet, si l'on porte en abscisses sur un graphique les nombres de masse des différents noyaux, et en ordonnées les pertes de masse correspondantes, on constate que les points représentatifs sont situés sur des droites parallèles dont la pente commune est bien égale à 0,009.

On obtient ainsi une répartition discontinue des noyaux atomiques qui précise et complète l'idée des amas nucléaires de Burton.

Une première droite correspond à tous les noyaux étudiés entre Li et Zn; une seconde correspond à As, Se, Zr, Kr, Nb; une troisième à Mo et Sn; une quatrième à Te, I, Xe, Cs; une cinquième à Ba, Tu, Re, Os; une sixième à Hg et Pb; une septième à Tl.

Le passage d'une droite à la suivante peut s'interpréter par le passage des masses et des charges formant le noyau d'une configuration d'équilibre à une autre.

Il est à noter que la disposition relative de ces droites montre une diminution progressive de la stabilité nucléaire avec l'augmentation du nombre de masse.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Énergies de liaison dans les familles radioactives de l'uranium-radium et du thorium.* Note de M. **Walter M. Elsasser**, présentée par M. L. de Broglie.

Connaissant les énergies des désintégrations radioactives, on peut déterminer les énergies de liaison des particules élémentaires (protons et neutrons), intégrées les dernières dans un noyau.

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2089.

Les énergies des émissions α en fonction de P (nombre de protons, charge du noyau) et N (nombre de neutrons dans le noyau) montrent l'allure suivante. Elles varient de manière monotone et très approximativement continue à l'intérieur d'un domaine du plan P-N, délimité par les droites $P=82$, $N=126$. Ce n'est que si les grandeurs P et N du noyau produit descendent au-dessous de ces valeurs (ce qui est le cas pour les désintégrations Po.RaPb, AcC'.AcPb, RaC.RaC'', AcC.AcC'', ThC.ThC'') que la fonction $E_\alpha(P, N)$ diminue brusquement et de façon discontinue. Nous avons pu constater que les énergies de liaison des particules élémentaires varient également de manière monotone et continue à l'intérieur du domaine indiqué. Les noyaux ayant P pair et N pair sont les seuls à être immédiatement comparables entre eux. Ces noyaux sont représentés dans le tableau suivant, où P est porté en abscisses, N en ordonnées.

Afin d'être indépendant de la valeur encore douteuse de la masse du neutron, le tableau ne se rapporte pas aux énergies de liaison mêmes, mais aux énergies de désintégration. On forme pour chaque noyau la somme W de toutes les énergies de désintégration jusqu'au noyau final de la famille. Cette somme contient les énergies cinétiques des particules α plus recul ([1]), les limites supérieures des spectres β continus ([2]) et les masses propres des électrons β. Dans quelques cas on ajoute un quantum γ dont l'émission a lieu lors de chaque désintégration ([3]) [RaD(0,05), RaC(0,61), ThB(0,24), les chiffres entre parenthèses donnant les énergies γ en 10^6 e-volts]. Pour les noyaux de la famille du thorium, W contient en plus une constante additive de 1,42, ajustée de telle manière qu'elle assure la variation continue des énergies de liaison à l'intérieur du domaine indiqué. Le tableau donne les *différences* ΔW en 10^6 e-volts pour des noyaux successifs, distants de deux unités P ou N. Soit n la masse du neutron (en unités $^{16}O=16$); l'énergie de liaison pour une *paire* de particules est alors :

$$E = -931(n-1) - 6{,}24 + \Delta W.$$

Pour $n=1{,}0100$ par exemple ([4]), on a $E = -15{,}55 + \Delta W$.

Dans un Mémoire qui va prochainement paraître, l'auteur montre

---

([1]) LEWIS and BOWDEN, *Proc. Roy. Soc.*, 145, 1934, p. 235.

([2]) SARGENT, *Proc. Roy. Soc.*, 139, 1933, p. 659.

([3]) ELLIS et MOTT, *Proc. Roy. Soc.*, 141, 1933, p. 502.

([4]) CURIE et JOLIOT, *Nature*, 133, 1934, p. 721.

que la construction des noyaux se fait en couches successives de protons et de neutrons. Lors de l'achèvement d'une couche et du commencement d'une nouvelle, les énergies de liaison subissent une chute discontinue. Les droites de discontinuité dans le plan P-N, signalées ci-dessus, donnent une preuve expérimentale directe de l'existence de telles couches. La fin d'une couche protonique pour P = 82 a déjà été signalée dans le travail cité.

82		84		86		88				U_I
P →										(4,0)
								UX_1	(0,2)	....
								4,3		(3,7)
								Th	0,8	U_{II}
								4,0		
						$MsTh_1$	0,4	Io		
						4,4		3,5		
						Ra	1,24	RdTh		
						4,28				
				Rn	0,60	ThX				136
				5,18						
		RaA	0,40	Tn						134
		6,00								
RaB	0,11	ThA								132
6,79		5,54								
ThB	1,36	RaC′								130
6,47		5,18								
RaD	2,65	ThC′								128
6,30		4,97								
ThPb	3,98	Po								126
1,42									↑	
RaPb									N	124

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la chaleur de cristallisation des sels hydratés en solution faiblement sursaturée.* Note [1] de M. **Jean Perreu.**

L'étude de la chaleur limite de dissolution des hydrates m'a conduit à déterminer leur chaleur de cristallisation, en solution sursaturée.

1° *Définitions.* — Considérons, à la température T, une solution aqueuse, légèrement sursaturée, de l'hydrate $S.sH^2O$, renfermant n molgs de sel

---

[1] Séance du 25 juin 1934.

et N molgs d'eau totale; sa concentration est $\mathcal{C} = n/N$. L'addition à ce liquide, de quelques germes cristallins de l'hydrate considéré, ou d'un sel isomorphe, provoque un dépôt de cet hydrate, accompagné d'un phénomène thermique. A température constante, T, la cristallisation de dn molgs de sel dégage dq calories. On a la relation

$$(1) \qquad dq = k_{\mathcal{C}}.dn = \frac{n.k_{\mathcal{C}}.d\mathcal{C}}{\mathcal{C}(s\mathcal{C}-1)}.$$

$k_{\mathcal{C}}$, qui est fonction de $\mathcal{C}$, de T et de la pression p, est la chaleur différentielle de cristallisation de l'hydrate, ou, la chaleur dégagée, à T°, par le dépôt de 1 molg de sel, dans un très grand excès de solution sursaturée.

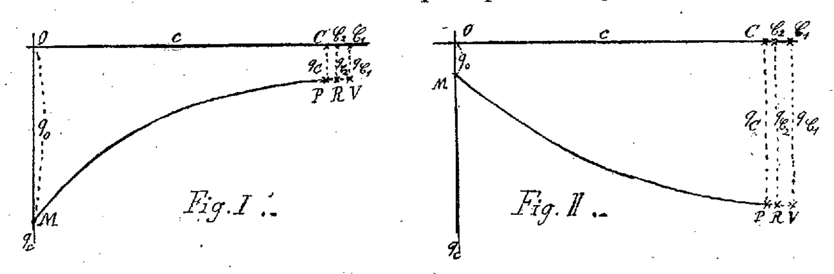
La chaleur intermédiaire de cristallisation, $\mathcal{K}_{\mathcal{C}_1}^{\mathcal{C}_2}$, est le nombre de calories dégagées, à T°, par le dépôt de 1 molg d'hydrate, dans une solution sursaturée, dont la concentration diminue de $\mathcal{C}_1$ à $\mathcal{C}_2$.

La chaleur intégrale de cristallisation, $K_{\mathcal{C}}$, représente la chaleur dégagée à T°, par le dépôt de 1 molg de sel, lorsque la concentration varie de $\mathcal{C}$ à C.

Le principe de l'état initial et de l'état final permet d'exprimer $\mathcal{K}_{\mathcal{C}_1}^{\mathcal{C}_2}$, en fonction des chaleurs intégrales $K_{\mathcal{C}_1}$ et $K_{\mathcal{C}_2}$, on obtient la formule

$$(2) \qquad \mathcal{K}_{\mathcal{C}_1}^{\mathcal{C}_2} = \frac{(\mathcal{C}_1 - C)(1 - s\mathcal{C}_2)K_{\mathcal{C}_1} - (\mathcal{C}_2 - C)(1 - s\mathcal{C}_1)K_{\mathcal{C}_2}}{(1 - sC)(\mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2)}.$$

2° *Relation entre la chaleur de cristallisation et la chaleur limite de dissolution*, q_C. — Les chaleurs différentielles de dissolution, q_c, à température constante, des hydrates que j'ai étudiés, sont représentées, en fonction de c, par des courbes dont l'allure est indiquée par les figures I et II.



Au voisinage de la saturation, q_c varie très peu avec la concentration. Extrapolons légèrement les courbes I et II, au delà de C. Soient $q_{\mathcal{C}_1}$ et $q_{\mathcal{C}_2}$ les ordonnées des points de deux courbes, d'abscisses $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$. Les chaleurs différentielles de cristallisation, $k_{\mathcal{C}_1}$ et $k_{\mathcal{C}_2}$, sont respectivement égales $-q_{\mathcal{C}_1}$ et $-q_{\mathcal{C}_2}$, et diffèrent de quelques centièmes de calorie de $-q_C$. La chaleur intermédiaire de cristallisation $\mathcal{K}_{\mathcal{C}_1}^{\mathcal{C}_2}$ d'une solution faiblement sur-

saturée est, par suite, sensiblement égale à la chaleur limite de dissolution q_c, changée de signe. La détermination de q_c peut être ramenée à une mesure de chaleur de cristallisation, en solution peu sursaturée.

3° *Mesure de* $\mathcal{K}_{\mathcal{C}_1}^{\mathcal{C}_2}$. — Une masse déterminée, 300^g par exemple, de liquide faiblement sursaturé, obtenu par refroidissement d'une solution préparée à chaud, est placée, la veille de l'expérience, dans un calorimètre de Berthelot. Pour effectuer la mesure thermo-chimique, on note, à l'instant initial, la température de la solution, et l'on amorce la cristallisation avec quelques germes de l'hydrate étudié. Le liquide est ensuite continuellement agité suivant un rythme régulier ; on suit la température toutes les minutes. Elle atteint un maximum, puis descend lentement. On arrête l'opération quelques minutes après la lecture du maximum de température. L'expérience a duré 30 ou 40 minutes environ. Pour trouver la concentration $\mathcal{C}_2$ de la solution finale, qui est très peu sursaturée, on prélève rapidement une prise d'essai du liquide avec une pipette, dont la température est un peu supérieure à celle du maximum observé, et dont la pointe porte un tampon de ouate qui arrête les petits cristaux ; on dose le liquide prélevé, ce qui permet de calculer le poids du sel déposé. La correction du refroidissement est effectuée par la méthode suivante, qui diffère légèrement de la méthode de Berthelot ([1]) pour réactions lentes : on introduit, dans le calorimètre, une masse d'eau égale à la capacité calorifique de la solution et l'on détermine sa vitesse de refroidissement V, à 7 ou 8 températures échelonnées entre les deux températures extrêmes, observées pendant la cristallisation. La courbe $V = f(t)$ permet de trouver la correction, pendant chacune des minutes de l'expérience principale et, par suite, la correction totale qui atteint parfois le 1/10e de l'échauffement observé durant la cristallisation.

4° *Résultats obtenus :*

Sels étudiés.	$\mathcal{K}_{\mathcal{C}_1}^{\mathcal{C}_2}$.	q_c moyen obtenu par les deux méthodes directe et indirecte.
$SO^4Na^2.10\,aq$...	8° (16^c,83); 13° (16^c,75); 20° (16^c,7)	2° (—16^c,95); 12° (—16^c,81); 18° (—16^c,75)
$Cl^2Ba.2\,aq$......	11° (4^c,6); 18° (5^c)	12° (—4^c,68); 18° (—5^c,06)
$CO^3Na^2.10\,aq$...	13° (13^c,6)	12° (—13^c,53)
$Cl^2Mn.4\,aq$.....	12° (4^c,47); 20° (4^c,75)	12° (—4^c,57); 20° (—4^c,81)
$S^2O^3Na^2.5\,aq$...	13° (7^c,48); 19° (8^c,39)	12° (—7^c,52); 20° (—8^c,53)
$PO^4HNa^2.12\,aq$.	13° (21^c,7); 20° (21^c,17)	12° (—21^c,82); 19° (—21^c,28)
$SO^4Cu.5\,aq$.....	13° (2^c,50); 17° (2^c,91)	12° (—2^c,44); 18° (—3^c,02)
$SO^4Mg.7\,aq$.....	13° (4^c,21)	12° (—4^c,15); 19° (—4^c,85)
$SO^4Ni.7\,aq$.....	16° (4^c,45)	14° (—4^c,43); 17° (—4^c,62)
$SO^4Zn.7\,aq$.....	17°,5 (5^c,43)	17° (—5^c,50)

([1]) *Précis de Calorimétrie chimique*, p. 120.

Les valeurs de $\mathcal{K}_{c_1}^{c_2}$, changées de signe, présentent un accord assez satisfaisant avec les résultats fournis, dans la mesure de q_c, par la méthode directe et par celle des chaleurs de dilution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation et température d'explosion de quelques chlorates cuivriques complexes formés avec les amines primaires.* Note [1] de M. **Jean Amiel.**

Ephraïm et Jahnsen [2] ont préparé, en saturant d'ammoniac une solution concentrée de chlorate cuivrique : $(ClO^3)^2Cu, 4NH^3$. J'ai obtenu ce même composé et préparé d'une manière analogue :

$$(ClO^3)^2Cu, 4NH^2(CH^3); \quad (ClO^3)^2Cu, 4NH^2(C^2H^5);$$
$$(ClO^3)^2Cu, 4NH^2(CH^2-CH^2-CH^3) \text{ et } (ClO^3)^2Cu, 4NH^2(CH^2-C^6H^5),$$

en cristaux bleus d'autant plus foncés qu'ils sont plus gros.

Tous sont hydrolysés fortement par l'eau avec précipitation de $Cu(OH)^2$. Les deux derniers sont très peu solubles.

Ils se dissocient avec perte d'amine dès la température ordinaire et l'on n'obtient 4^{mol} d'amine qu'à condition d'opérer la cristallisation à des températures et pour des concentrations convenables. Lorsqu'on les chauffe ils fondent en se décomposant, puis explosent. Ils explosent aussi sous le choc.

Température d'explosion : 1° sur un bloc Maquenne. — La figure donne les retards d'explosion en fonction de la température qui est constante pour chaque expérience. Les courbes A, M, E, P, B se rapportent aux complexes formés avec l'ammoniac, la méthylamine, l'éthylamine, la propylamine et la benzylamine. Il faut opérer sur très peu de matière pour que celle-ci s'échauffe rapidement, de sorte qu'on est limité par la décomposition du complexe dès que le retard atteint 30 ou 40 secondes.

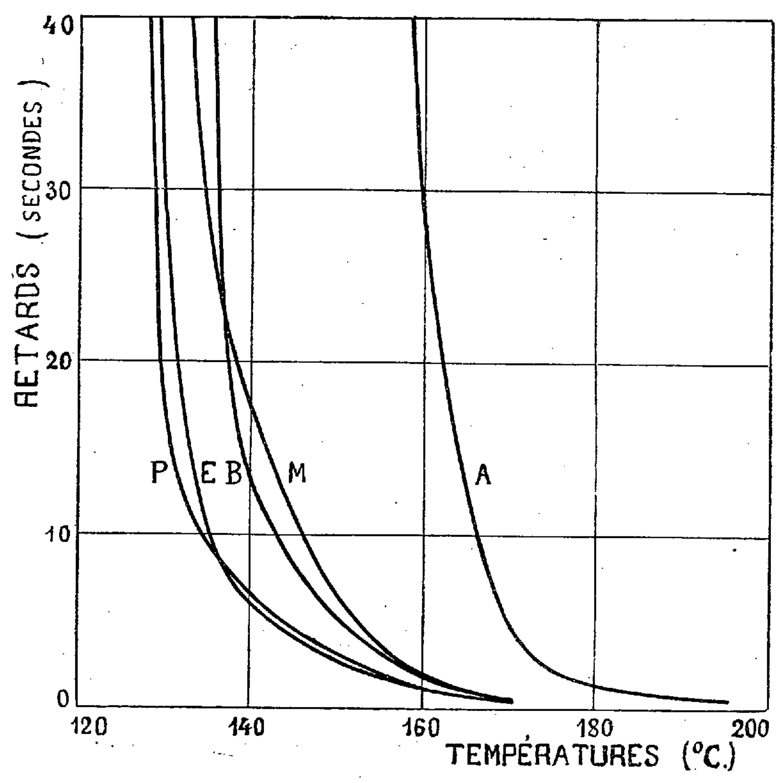
Ephraïm et Jahnsen donnent comme température d'explosion en tube ouvert 157° et 159° pour $(ClO^3)^2Cu, 4NH^3$, ce qui correspond très bien à la montée rapide de la courbe A.

2° *En tubes scellés.* — Les températures d'explosion en tubes scellés sont moins bien définies que les mesures précédentes. Ainsi pour trois échantillons de $(ClO^3)^2Cu, 4NH^3$ que les analyses indiquaient comme également

(1) Séance du 25 juin 1934.

(2) *Ber. der chem. Ges.*, 48, 1915, p. 41.

purs, avec une masse de chlorate constante, des tubes identiques et avec une vitesse de chauffage constante, j'ai trouvé 173°, 178° et 184°. Ephraïm et Jahnsen donnent 205° et 211° sans préciser les facteurs précédents. La grosseur des cristaux ne peut guère influer puisque la fusion précède de



beaucoup l'explosion. A chaque valeur de la vitesse de chauffe correspond pour le tube scellé un volume au delà duquel l'explosion de la même masse de chlorate ne se produit plus, la décomposition étant trop avancée; mais au-dessous de cette limite, l'influence du volume est négligeable lorsqu'on opère à masse constante.

J'ai obtenu les températures d'explosion suivantes pour 2^{dg} de chlorate placés dans un tube de verre de 1^{cm^3} (diamètre 4 à 5^{mm}) lorsque la vitesse de chauffe était de 4° par minute :

$(ClO^3)^2Cu, 4NH^3$	173° à 184° C.
$(ClO^3)^2Cu, 4NH^2(CH^3)$	122°
$(ClO^3)^2Cu, 4NH^2(C^2H^5)$	107°
$(ClO^3)^2Cu, 4NH^2(CH^2-CH^2-CH^3)$	94°
$(ClO^3)^2Cu, 4NH^2(CH^2-C^6H^5)$	114°

Pour le premier je trouve, comme Ephraïm et Jahnsen, une température supérieure à celle de la montée rapide de la courbe A; pour les autres au contraire des températures bien inférieures à celles des fortes pentes pour les courbes M, E, P et B. Dans tous les cas cependant la température d'explosion en tube scellé croît en même temps que la vitesse de chauffe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions chimiques dans les différentes parties d'un tube à gaz raréfié.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Des résultats détaillés ont été décrits [1] relativement à la dissociation du gaz carbonique par les étincelles électriques dans différentes conditions. Ces résultats étaient relatifs aux équilibres que l'on peut obtenir dans un tube construit sans précautions spéciales et où se superposaient globalement toutes les réactions chimiques qui prenaient naissance dans les différentes parties du tube.

Dans une nouvelle série d'expériences avec électrodes d'aluminium, j'ai étudié la décomposition du gaz carbonique au moyen d'un tube parcouru par un courant rapide de gaz raréfié dont la circulation est assurée grâce à un ensemble de pompes et de tubes poreux.

Les tubes à gaz sont construits de telle manière que les régions anode ou cathode ou colonne positive sont parcourues isolément par le courant gazeux, les deux autres étant en dérivation par rapport au courant gazeux et séparées de lui par des tubes capillaires réduisant au minimum la diffusion des gaz qui s'accumulent dans les parties non parcourues par le courant gazeux.

De cette manière le gaz peut passer presque intégralement par l'anode, par la cathode ou par la colonne positive. En exagérant le volume de la partie utilisée et en réduisant au minimum celui de la partie située en cul-de-sac sur le courant gazeux, presque toute l'énergie électrique se trouve employée dans la partie étudiée.

Le bilan énergétique de la décomposition a pu être calculé facilement en mesurant le débit gazeux, l'énergie électrique totale, la pression gazeuse dans le tube et la composition chimique du gaz qui a réagi.

Le premier résultat auquel on pouvait s'attendre et que nous avons

---

(1) Voir la bibliographie dans la Thèse de M. H. Lefebvre (Lille, 1931).

constaté est la très petite valeur que prend la décomposition dans le compartiment anodique. A la pression de 5^{mm} dans un tube où étaient consommés 17,3 watts la décomposition atteignit 0,55 pour 100 et le rendement énergétique calculé de la réaction chimique fut de 0,41 pour 100.

Il n'en est pas de même dans la région cathodique et dans la colonne positive ainsi que le montrent les résultats suivants.

Colonne positive. — Le tube à réaction est composé de deux électrodes situées dans des compartiments non parcourus par le gaz qui circule dans un tube où se forme la colonne positive. Cette dernière est de 10^{cm} de longueur et de 0^{cm},4 de diamètre intérieur. La distance explosive est de 15^{cm} et correspond à une différence de potentiel de l'ordre de 1100 volts. Le débit par minute est de 9$^{cm^3}$,7 à 0 et 760 le gaz étant dans le tube à vide sous la pression de 0^{cm},11. La vitesse du gaz dans la colonne positive est donc de 930 cm/sec. La colonne est entièrement parcourue en 1/93e de seconde par le gaz en réaction.

Le tableau suivant rend compte de la décomposition atteinte et du rendement énergétique :

Watts.	CO^2 décomposé pour 100.	Rendement pour 100.
3,14	8,25	5,38
8,55	16,7	4,02
16,6	25,2	3,12
26	32,2	2,54
49,9	44	1,81
69,4	46,5	1,38

Des expériences semblables exécutées à une pression supérieure (5^{mm}) et en dépensant des quantités d'énergie du même ordre ont donné pour les faibles décompositions des rendements analogues de l'ordre de 4 pour 100.

Compartiment cathodique. — Le tube à réaction est composé d'une longue chambre cathodique de 1^{cm},5 de diamètre sur laquelle est soudée latéralement la chambre anodique. La cathode a 14^{cm}. La distance explosive est 2^{cm},5. Le gaz ne circule que dans la chambre cathodique sous la pression de 0^{cm},11 avec un débit par minute de 9$^{cm^3}$,7 à 0 et 760. La différence de potentiel étant de l'ordre de 580 volts ce qui montre bien que presque toute l'énergie était concentrée autour de la cathode puisque la chute cathodique minima est de 420 volts (1).

Le rendement et la décomposition mesurés ont été consignés dans le tableau suivant :

(1) J. J. Thomson, *Passage de l'électricité à travers les gaz*. Éd. française, p. 447.

Watts.	CO^2 décomposé pour 100.	Rendement pour 100.
3,78	8,79	4,77
6,60	12,5	3,88
12,60	20,9	3,40
20,5	27,2	2,71
29	39,5	2,55
48,6	47,2	2,01

Ces nombres sont du même ordre que ceux que l'on trouve dans la colonne positive.

On peut donc dire que le champ électrique, très différent autour de la cathode et dans la colonne positive, influe peu sur le rendement des décompositions. Seule la quantité d'énergie fait varier le taux de la décomposition. Que ce soit dans la colonne positive ou dans la région cathodique, une partie très petite de l'énergie mise en jeu est utilisée chimiquement. Les vitesses de réaction varient avec la puissance fournie; pour des quantités d'énergie de l'ordre de 100.000 joules par molécule-gramme, l'équilibre est sensiblement atteint en 1/100e de seconde.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par les rayons de Rœntgen de la fixation de l'acétone par la nitrocellulose.* Note (1) de M. **Marcel Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié les diagrammes de Rœntgen (rayonnement $K\alpha$ du cuivre) donnés par les mêmes nitroramies (à 11,6 pour 100 et à 13,52 pour 100 d'azote) qui ont fait l'objet d'une étude préliminaire de M. Desmaroux (2), et dans les mêmes conditions d'équilibre. Les fibres étaient montées dans une chambre isotherme maintenue à 40°, où elles étaient soumises à la pression partielle d'une solution d'acétone dans l'huile de ricin. La constance de la température était assurée par une double enveloppe où circulait de l'eau venant d'un thermostat à régulateur. Les fenêtres, qui permettaient le passage des rayons de Rœntgen, tout en assurant l'étanchéité de la chambre, étaient faites de baudruche de très bonne qualité.

L'acétone, l'huile, les fibres et les appareils étaient soigneusement desséchés.

On a pu établir les points suivants :

1° *A aucun moment on ne trouve l'indice de la formation d'un composé*

(1) Séance du 25 juin 1934.

(2) Cette étude paraîtra dans les *Comptes Rendus* du 9 juillet 1934.

défini. — Les diagrammes varient de manière continue, lorsque croît la concentration en acétone de la fibre. Les positions de certaines taches varient. Toutes les taches deviennent moins nettes.

2° La fixation de l'acétone sur les deux nitroramies (à 11,6 pour 100 N et à 13,52 pour 100 N) se fait par un même mécanisme : écartement des chaînes de résidus de glucose.

Les Tableaux I et II donnent pour ces deux nitroramies en fonction de la concentration moléculaire de l'acétone les variations des distances réticulaires d_1 et d_2 correspondant aux taches A_1 et A_2 qui caractérisent les nitrocelluloses. (Ces concentrations sont calculées à l'aide des courbes de Desmaroux.)

TABLEAU I.

Variation des équidistances réticulaires.

Nitroramie à 11,6 pour 100 azote.

$c = \frac{a}{a+n}$.	d_1.	d_2.
0	6,93	3,18
0,252	7,17	4,15
0,382	8,14	n'est plus défini
0,425	8,96	»
0,462	9,79	»
0,492	10,7	»
0,515	10,7	»
0,642	(gel) n'existe plus	(gel) 4,45 en moyenne

TABLEAU II.

Nitroramie à 13,52 pour 100 d'azote.

$c = \frac{a}{a+n}$.	d_1.	d_2.	D premier alignement de taches.
0	7,25	3,55	4,53
0,275	8,02	3,55	4,60
0,382	8,40	3.55	4,65
0,425	8,64	3,55	—
0,522	10,1	—	—
0,562	10,7	n'est plus défini	se confond avec d_2
0,638	Reste constant et égal à 10,7 de moins en moins défini lorsque le pourcentage d'acétone augmente		
0,687			
0,695		—	—
0,727		—	—
0,752		—	—
0,769	(gel) n'existe plus	Gel : un seul cercle de diffraction large correspondant à $ca. d_2 = 4,5$	
0,857			

3° La distance d_1 est très étroitement liée à l'écartement des chaînes de résidus de glucose dans la maille. *On constate que cet écartement augmente jusqu'à une certaine limite qui est atteinte lorsque* 1^{mol} *d'acétone est fixée sur* 1^{mol} *de nitroramie* (1 groupe C_6).

4° Lorsqu'on atteint une certaine concentration en acétone dans les fibres, il y a écroulement de la structure fibreuse; la matière se transforme en un gel. *Ce phénomène se produit au moment où le nombre de molécules fixées est égal au nombre des radicaux azotés aux erreurs expérimentales près* [1].

Le gel donne un diagramme qui se caractérise par la disparition de toute régularité de distribution des chaînes de résidu de glucose placées parallèlement dans la fibre. *Cette disparition assez brusque de la structure cristalline définit le phénomène de gélatinisation.*

On peut rapprocher de ce phénomène la dissolution du caoutchouc dans les liquides organiques, où la dispersion se produit lorsque le gonflement atteint une valeur fixe [2], et surtout la fusion des paraffines étudiée par Müller [3] : dans cas dernier cas c'est la superposition des couches de molécules, qui disparaît brusquement à la fusion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Précipitations minérales dans les verres.* Note [4] de MM. **Maurice Billy** et **Marc-Antoine Foex**, présentée par M. Georges Urbain.

Depuis les plus anciennes fabrications, on a remarqué des précipitations de métaux, d'oxydes ou de sels au sein des différents verres, présentant des analogies avec ce qui se passe par voie aqueuse. C'est cette similitude de conception que nous avons cherché à confirmer par de nouvelles expériences.

A l'état métallique, la précipitation la mieux étudiée est celle du cuivre dans des verres siliceux (aventurines). D'après V. Auger [5], le silicate

---

(1) La méthode des diagrammes de Rœntgen s'adapte assez mal à l'étude de cette dispersion. Nous comptons la reprendre en suivant la biréfringence de la fibre.

(2) Bary, *J. Chim. Phys.*, **10**, 1912, p. 439.

(3) *Proc. Roy. Soc. London*, [A], **127**, 1930, p. 417; **138**, 1932, p. 514.

(4) Séance du 18 juin 1934.

(5) *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 199 et 422.

cuivreux stable à haute température se scinde par refroidissement lent en cuivre et silicate cuivrique. Ces verres renferment toujours de l'oxyde ferreux ou stanneux qui protégeraient l'état cuivreux contre l'oxydation.

On a mentionné des cristallisations d'or dans les verres. Quelques oxydes lourds ont été précipités.

Les cristallisations de silice et de silicates ont donné lieu aux études les plus approfondies ([1]).

Pour réaliser un grand nombre d'essais, la meilleure méthode nous a semblé celle des perles formées dans une boucle, à l'extrémité d'un fil de platine. Nous avons limité nos investigations aux verres alcalins (silicate, borate, phosphate) en faisant varier les proportions d'alcali dans des atmosphères diverses.

Précipitation de métaux. — Après avoir dissous de l'oxyde cuivreux dans un silicate alcalin, on obtient par refroidissement lent, de 1050° à 600°, dans l'azote, des cristallisations de cuivre. La présence d'un réducteur étranger ne serait donc pas indispensable. En outre, on obtient des cristallisations de cuivre quelles que soient les proportions d'alcali.

Nous avons établi que l'or et l'argent ne sont solubles dans les verres alcalins qu'en présence d'oxygène; sans alcali B^2O^3, P^2O^5 ou SiO^2 ne dissolvent pas l'or.

Les verres d'or et d'argent fondus à haute température et refroidis brusquement sont incolores et transparents; par refroidissement lent, ces verres donnent des cristaux métalliques pouvant aller jusqu'à l'état colloïdal (verres colorés). La décomposition des sels auriques en sels aureux par la chaleur donne de fortes présomptions pour expliquer le précipité d'or par deux états d'oxydation. Ces phénomènes sont identiques pour l'argent dans les verres au silicate, borate ou phosphate alcalin.

Nous avons toujours, comme en solution aqueuse, déposé sur le fer : le cuivre, l'or ou l'argent dissous dans les verres. De 1200° à 1500°, on obtient des dépôts homogènes, très adhérents, de magnifique éclat.

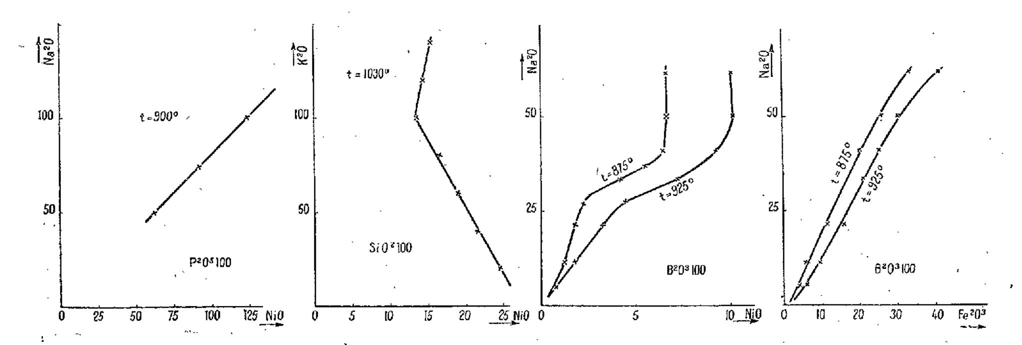
Précipitations d'oxydes métalliques et de sels. — Nous avons cherché les conditions de précipitations des oxydes du groupe du fer, Cr^2O^3, CoO, Fe^2O^3, NiO dans les verres alcalins à base de SiO^2 ou de B^2O^3 ou de P^2O^5, en fonction des proportions d'alcali.

Par refroidissement d'une solution suffisamment concentrée de ces oxydes dans les verres précédents, trois cas se présentent : 1° la précipi-

([1]) BERNARD LONG, *Propriétés physiques et fusion du verre*, 1933.

tation d'oxyde, quelles que soient les proportions d'alcali (Fe^2O^3 dans les verres boro-alcalins); 2° la précipitation de sels seulement (la plupart des verres phospho-alcalins, tels que ceux à NiO); 3° la précipitation de sels pour les verres les moins riches en alcali, et d'oxyde pour les plus riches (verres boro-alcalins avec NiO).

Nous avons établi la solubilité des différents oxydes précédents dans des verres à base de SiO^2, P^2O^5, B^2O^3 renfermant des proportions croissantes d'alcali. On dissout des quantités données d'oxyde, vers 1000°-1200° et on observe les températures de cristallisation par refroidissement lent. On trace la courbe des solubilités d'oxyde en fonction de la température, et l'on déduit la solubilité à une température donnée.



La solubilité de ces différents oxydes est très faible dans SiO^2, P^2O^5 ou B^2O^3 seuls. On remarque que la solubilité de NiO est à peu près proportionnelle aux quantités d'alcali, dans le cas du verre phosphorique, de même que celle de Fe^2O^3 dans les verres boriques. La solubilité de NiO dans les verres phospho-alcalins est considérable. Dans les verres siliceux (SiO^2, 100 M; K^2O, 20 M et suivant), la sursaturation corrélative d'une grande viscosité gêne peut-être la précipitation des oxydes et détermine des solubilités très élevées.

La courbe isotherme de solubilité de NiO dans les verres boriques, en fonction de l'alcali présente trois directions correspondant aux cristallisations respectives de $B^2O^3 2NiO$, $B^2O^3 3NiO$ et NiO.

Les solubilités de Cr^2O^3 dans les verres boriques sont en général plus faibles que les précédentes, celles de CoO supérieures.

Il y a beaucoup d'analogie avec la dissolution des mêmes oxydes dans des solutions aqueuses d'alcalis par exemple : vers 100°, on obtient avec 100 MH^2O et 20 MNa^2O une dissolution très appréciable de NiO; SiO^2, B^2O^3 ou P^2O^5 joueraient le rôle de l'eau, et les sels obtenus le rôle d'hydrates.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'obtention de dépôts électrolytiques de nickel brillants en présence de colloïdes.* Note [1] de M. **Marcel Ballay**, présentée par M. Léon Guillet.

Des dépôts de nickel brillants peuvent être obtenus directement par électrolyse dans des conditions très diverses en apparence, signalées par divers auteurs. Une étude systématique conduit à rattacher, dans de nombreux cas, l'aspect brillant à l'existence de colloïdes minéraux ou organiques dans la gaine cathodique. Ces colloïdes peuvent se produire en cours d'électrolyse ou préexister dans la solution.

I. Lorsqu'on électrolyse une solution de sulfate de nickel, contenant de petites quantités de chlore et d'acide borique, avec une cathode sur laquelle la densité de courant varie notablement d'un point à l'autre, on constate des zones brillantes se déplaçant lorsqu'on fait varier le courant appliqué. Ces zones précèdent les régions où le dépôt est « brûlé », par suite d'excès de courant. Le pH dans la gaine cathodique augmentant dans certaines limites avec la densité de courant, les zones brillantes sont celles où le pH est tout juste inférieur à la valeur amenant une précipitation visible d'hydroxyde ou de sels basiques de nickel. On peut supposer que la gaine cathodique en ces points renferme de l'hydroxyde ou des sels basiques à l'état colloïdal.

On peut mesurer la variation du brillant en recevant sur une cellule photoélectrique le faisceau réfléchi provenant d'une même source de lumière. Les chiffres suivants se rapportent à deux séries d'essais dans un électrolyte contenant par litre :

$SO^4Ni, 7H^2O = 100$ g/l — $AmCl = 9$ g/l — $SO^4Am^2 = 12$ g/l (température : 40°; densité de courant : 4 amp/dm²; durée d'électrolyse : 26 minutes).

pH.	Déviations relatives du milliampèremètre en relation avec la cellule photoélectrique. I.	II.
6,7	100	100
6,0	73,2	69,7
5,3	23,4	8,0
3,6	70,0	32,8

Pour une même densité de courant, et à même température, le brillant

(1) Séance du 25 juin 1934.

du dépôt, accusé au voisinage du pH de précipitation de la solution, diminue avec le pH, passe par un minimum vers pH = 5-5,5, puis augmente à nouveau.

L'addition de certains corps, comme le sulfate de sodium, permet d'obtenir des zones brillantes plus étendues; ce fait nous paraît lié à la moindre tendance à la floculation des solutions colloïdales de sels basiques de nickel en présence de sulfate de sodium, ce qu'on peut mettre en évidence en étudiant la formation de précipités, à froid et à l'ébullition, dans des solutions de même composition, au sulfate de sodium près.

II. De petites quantités de cadmium (0,10-0,20 g/l) introduites dans un électrolyte à base de sulfate de nickel donnent des dépôts très brillants pour des pH voisins de 6,8, avec des densités de courant convenables; pour de plus faibles densités de courant, le dépôt n'est pas brillant, mais irisé et strié. On peut supposer que le cadmium donne au voisinage de la cathode des composés colloïdaux; les solutions diluées de sulfate de cadmium précipitent en effet un composé basique vers le pH 7,0. Le dépôt de nickel brillant contient du cadmium; l'analyse nous a donné des valeurs allant de 0,30 à 1,64 pour 100 du poids du dépôt cathodique.

En solution plus acide, on constate sur la cathode de petites protubérances noirâtres riches en cadmium, contenant jusqu'à 13 pour 100 de ce métal, avec de petites quantités de SO^4 et de B^2O^3. Dans certaines conditions le plomb agit de la même manière (solutions ammoniacales riches en citrate de sodium).

III. De nombreux colloïdes organiques permettent d'obtenir des dépôts uniformément brillants. Nous avons étudié l'action des corps suivants : amidon, dextrine, gomme arabique, agar-agar, gélatine, albumine d'œuf, caséine; ils donnent tous des dépôts brillants. Certains agissent énergiquement à doses très faibles; la gélatine, par exemple, a un effet marqué à la concentration de 2,5 mg/l, au pH 6,5; un même effet n'est obtenu au pH 8,0 qu'avec des concentrations de l'ordre de 0,4 g/l. Les solutions préparées à l'aide d'ovalbumine, quoique portées à l'ébullition pour coaguler la majeure partie du colloïde, conservent suffisamment d'élément actif pour influencer fortement l'aspect du dépôt. Tous les colloïdes organiques ne sont pas utilisables en pratique : certains floculent aisément en donnant des particules qui restent incluses dans le dépôt; d'autres, au contraire, donnent des solutions très stables s'ils sont solvatés dans des conditions bien définies ou protégés contre la floculation par un autre corps.

IV. Les dépôts brillants obtenus dans des solutions où le colloïde

préexiste à l'électrolyse (type III, colloïdes organiques) présentent des caractères nettement différents des dépôts obtenus dans les conditions I et II (composé de nickel et de cadmium colloïdal se formant dans la zone cathodique). Dans ces deux derniers cas, la formation du colloïde étant liée à la densité de courant, des dépôts uniformément brillants ne peuvent être obtenus qu'exceptionnellement. Dans les solutions contenant des colloïdes organiques, au contraire, les cathodes sont uniformément brillantes dans un large intervalle de densité de courant.

ISOTOPIE. — *Sur la fréquence de nombre d'isotopes des éléments chimiques.* Note (¹) de M. **Wenli Yeh**, présentée par M. J. Perrin.

La technique très perfectionnée de la recherche expérimentale des masses isotopiques dans ces dernières années, grâce aux efforts de nombreux savants, notamment Aston, Bainbridge, etc., nous donne maintenant un renseignement complet sur les masses isotopiques des éléments chimiques.

Aston est parvenu à une analyse plus fine sur la série de terres rares, ce qui comble une grande lacune dans le tableau des masses. On a ainsi examiné tous les éléments (88 sur 92).

I. En possession de ces données (²) nous sommes en mesure d'étudier la fréquence du nombre d'isotopes pour un élément donné. Prenant pour abscisse le nombre atomique et pour ordonnées le nombre d'isotopes pour les éléments connus depuis l'hydrogène jusqu'à l'uranium, on obtient une courbe en zigzag dont l'examen permet quelques remarques intéressantes.

Entre l'hydrogène et l'uranium un point maximum, correspondant à un nombre atomique pair, est en général suivi et précédé d'un point minimum correspondant à un nombre atomique impair et inversement. Il semble donc que cette allure se laisse gouverner par une règle générale : un élément de poids atomique impair doit avoir un nombre d'isotopes inférieur à ceux des éléments immédiatement voisins, l'inverse ayant lieu pour un élément de poids atomique pair. D'une manière plus précise, étant donné trois éléments consécutifs dont les nombres atomiques sont $Z-1$, Z et $Z+1$, ayant respectivement pour nombre d'isotopes N_{z-1}, N_z et N_{z+1}, l'allure de la

(¹) Séance du 18 juin 1934.

(²) Mme P. Curie, *Isotopie et les éléments isotopiques*, Paris, 1924, p. 49; Aston, *Nature*, **132**, 1933, p. 930; **133**, 1934, p. 327 et 684; Paneth, *Hand. der Phys.*, **20**, 1933, p. 438.

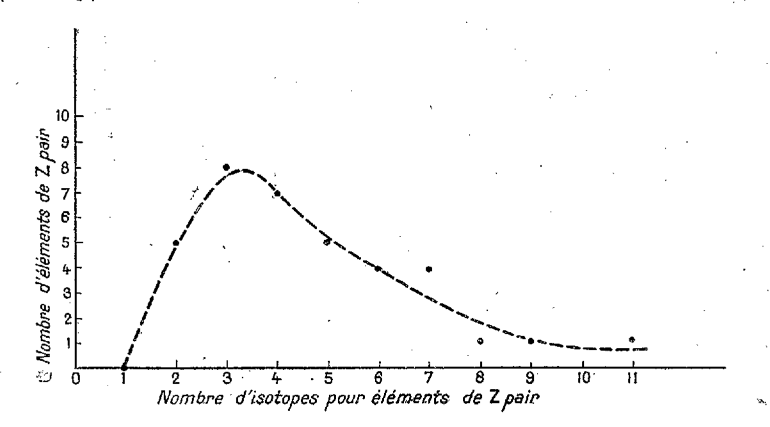
courbe de fréquence nous permettrait de former les inégalités suivantes :

Si $N_z > N_{z-1}$, $N_{z+1} < N_Z$, quel que soit Z;
Si $N_z < N_{z-1}$, $N_{z+1} > N_Z$, quel que soit Z;
Si $N_z = N_{z-1}$, $N_z < N_{z-1}$ (Z impair) ou $N_z > N_{z-1}$ (Z pair).

Si l'on admet que cette règle s'applique depuis l'élément $z = 7$ (azote) jusqu'à $Z = 92$ (uranium), on pourra expliquer les faits suivants :

a. Le chlore (17) n'aurait que deux isotopes au lieu de trois. En effet l'existence de Cl^{39} est encore douteuse. Ce fait est appuyé par notre hypothèse. Par contre, l'argon aurait trois isotopes au lieu de deux. La nouvelle isotope serait A^{38} trouvé en effet tout récemment par Zeeman.

b. Ni (58, 69) doit avoir encore deux isotopes prévus par nous.



Distribution des isotopes de nombre atomique pair (2) (d'après l'expérience).

c. Le palladium doit avoir trois isotopes au lieu d'un, multiplicité évidente, car sa masse est 106,7.

d. Pour l'élément 91, notre règle serait en défaut, car c'est un point obscur de la filiation radioactive.

II. On peut classer les éléments en Z pair et impair et faire une statistique du nombre d'isotopes pour ces deux classes. On aura deux courbes ayant pour abscisses le nombre d'isotopes et pour ordonnées le nombre d'éléments de chaque classe. La courbe pour la classe impaire est une courbe décroissante, tandis que celle de la classe paire, si l'on n'envisage que les éléments non radioactifs, présente une allure qui rappelle celle de la courbe des erreurs.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques complexes du bromure germaneux avec le bromure de cæsium et les bromures des bases organiques.* Note [1] de MM. **T. Karantassis** et **L. Capatos**, présentée par M. G. Urbain.

Par addition d'alcaloïdes à une solution de $GeCl^3H$, A. Tchakirian [2] a pu observer la formation de sels du type $Cl^2Ge.A'.ClH$ (A', alcaloïdes monobasiques) ou $Cl^2Ge.A''.2ClH$ (A'', alcaloïdes bibasiques).

Avec le chlorure de cæsium, il s'est formé un composé blanc cristallisé $Cl^2Ge.ClCs$, chlorure double de germanium et de cæsium.

Tchakirian [3] admet que dans ses sels le germanium conserve sa bivalence électrolytique (valence polaire), d'autre part la stabilité du chlorure double de germanium et de cæsium lui permet d'admettre qu'il se forme un ion complexe germanochlorhydrique $(Ge^{II}Cl^3)^-$ de valeur électrolytique 1, où le germanium constituant le noyau central est tricoordonné et polairement bivalent. Le chlorure stanneux Cl^2Sn et le chlorure de plomb donnent des composés du même type : $Cl^2Sn.ClCs$ et $Cl^2Pb.ClCs$ qui sont actuellement formulés :

$$(SnCl^3)Cs \quad \text{et} \quad (PbCl^3)Cs.$$

Le bromure de plomb et le bromure de cæsium donnent, d'après Wells, Walden [4] et Foote [5], les sels doubles suivants :

$$Br^2Pb.4BrCs, \quad Br^2Pb.BrCs, \quad 2Br^2Pb.BrCs;$$

il est à noter que le sel 1 : 1 se présente sous deux formes dont l'une est orangée. V. Auger et T. Karantassis [6] ont pu isoler les stannoiodures de cæsium suivants : SnI^3Cs et Sn^2I^5Cs dont l'un est jaune et l'autre jaune orangé. On peut rapprocher de ces sels le composé que nous avons obtenu à partir de $GeBr^3H$ et BrCs qui est jaune et de formule $Br^2Ge.BrCs$. On a pu également isoler un composé rouge brique dont la formule se rapproche de $2Br^2Ge.BrCs$.

Le bromure germaneux forme avec les bromures des bases ammoniums

---

(1) Séance du 25 juin 1934.
(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 233.
(3) *Bull. Soc. chim.*, **51**, 1932, p. 846.
(4) *Zeits. Anorg. Chem.*, **3**, 1893, p. 203.
(5) *Americ. Chem. Journ.*, **37**, 1907, p. 124.
(6) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 665.

et arsoniums substituées des sels doubles qui peuvent être rapprochés de ceux du bromure de plomb obtenus par R. L. Datta et J. N. Sen (1) :

$$2Br^2Pb.3BrN(CH^3)^4 \quad \text{et} \quad 2Br^2Pb.3BrN(C^2H^5)^4,$$
$$2Br^2Ge.3BrN(CH^3)^4 \quad \text{et} \quad 3Br^2Ge.2BrAs(CH^3)^4,$$
$$Br^2Ge.BrAs(CH^3)^3(C^2H^5).$$

Bromogermanite de cæsium. — I. A une solution de bromure germaneux contenant 23,5 pour 100 de Br^2Ge obtenue en dissolvant dans l'acide bromhydrique 5N, l'hydroxyde germaneux préparé d'après la méthode de J. Bardet et A. Tchakirian (2), on ajoute une solution bromhydrique très concentrée en bromure de cæsium, on obtient immédiatement un précipité jaune microcristallin que l'on essore et sèche à 40-50°.

Ce précipité correspond, d'après l'analyse, à la formule $Br^2Ge.BrCs$. Abandonné à l'air, ce composé devient blanc en partie après quelques semaines d'exposition. Il est insoluble dans l'acide bromhydrique;

Ge pour 100 : trouvé 16,2; calculé 16,29. Br pour 100 : trouvé 53,2; calculé 53,6.

II. En concentrant la solution de bromure germaneux sur l'acide sulfurique jusqu'à forte concentration, on obtient en ajoutant du bromure de cæsium un précipité rouge brique micro-cristallin. On essore et l'on sèche à 40°-50°.

La formule du précipité se rapproche de $2Br^2Ge.BrCs$. Ces deux bromures doubles de germanium et de cæsium sont immédiatement hydrolysés par l'eau et donnent de l'hydroxyde germaneux rouge orangé. Le bromure de rubidium dans les mêmes conditions ne donne pas de précipité.

Bromure germaneux et bromure de tétraméthylammonium. — A une solution 5N d'acide bromhydrique contenant 23,5 pour 100 de bromure germaneux, on ajoute une solution bromhydrique de bromure de tétraméthylammonium. On obtient un précipité blanc microcristallin, qui peut recristalliser d'une solution chaude d'acide bromhydrique. Au microscope il se présente sous forme d'arêtes de poisson. Le produit est essoré et séché entre des feuilles de papier filtre. Le sel étant hygroscopique est immédiatement analysé. L'eau l'hydrolyse avec dépôt d'hydroxyde germaneux.

---

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 753.
(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 657.

Le produit correspond à la formule $2Br^2Ge.3BrN(CH^3)^4$;

Ge pour 100 : trouvé 15,93; calculé 15,6. Br pour 100 : trouvé 59,6; calculé 59,7.

Bromure germaneux et bromure de tétraméthylarsonium. — En opérant comme précédemment avec du bromure de tétraméthylarsonium, on obtient un précipité microcristallin blanc, hygroscopique. Peut-être recristallisé d'une solution d'acide bromhydrique chaude. L'analyse conduit à la formule $3Br^2Ge.2BrAs(CH^3)^4$;

Ge pour 100 : trouvé 18,7; calculé 19,2. Br pour 100 : trouvé 56,2; calculé 56,7.

Bromure germaneux et bromure de triméthyléthylarsonium. — Avec du bromure de triméthyléthylarsonium on obtient un précipité blanc microcristallin. Ce produit a la formule $Br^2Ge.BrAs(CH^3)^3(C^2H^5)$;

Ge pour 100 : trouvé 15,9; calculé 15,7.

Conclusions. — Le bromure germaneux forme avec le bromure de cæsium des sels doubles de la forme 1:1 et 2:1, avec le bromure de tétraméthylammonium un sel de la forme 2:3 et avec les bromures des bases arsoniums substituées des sels de la forme 1:1 et 3:2.

EFFET RAMAN ET CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de divers radicaux sur la fréquence caractéristique de la liaison éthylénique dans les dérivés du cyclopentène.* Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Delépine.

J'ai déjà étudié les spectres Raman du cyclopentène et de quelques-uns de ses dérivés [1], de formule C^5H^7R, le radical R étant fixé sur un des carbones doublement liés.

J'ai étendu ce travail aux composés suivants :

phényl-1-cyclopentène, $C^6H^5.C^5H^7$,
cyclopentényl-méthanal, $C^5H^7.CHO$,
cyclopentényl formiate de méthyle, $C^5H^7.CO^2.CH^3$.

Le premier de ces corps a été obtenu par synthèse, à partir de la cyclopentanone et du bromure de phényl-magnésium; j'ai retrouvé à très peu

(1) Piaux, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1496.

près les constantes déjà indiquées (¹); le second a été préparé par la méthode d'Urion (²); le troisième résulte de l'estérification par ClH et CH^3OH du cyano-cyclopentène précédemment étudié (³).

J'ai repris également l'étude des méthyl-1 et éthyl-1 cyclopentènes, dont les spectres ont été publiés déjà par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil (⁴); pour le premier de ces carbures, préparé par déshydratation du méthyl-1 cyclopentanol-1, je l'ai obtenu pur, et je rapporte plus loin son spectre (plus complet et plus précis que celui des auteurs précédents, en raison de la dispersion plus grande du spectrographe utilisé); le second, pour lequel j'ai employé comme déshydratant l'acide phosphorique concentré, contient une certaine proportion d'isomère (éthylidène-cyclopentane); je ne me suis servi cette fois-ci que de la fréquence éthylénique.

J'ai joint a cette étude le spectre du cyclopentylméthanal, préparé par Urion (²) par hydrogénation de l'aldéhyde non saturé.

Voici les spectres obtenus (mêmes notations que dans ma Note citée :

Méthyl-1-cyclopentène : 325 (m), 432 (m), 578 (aF), 648 (f), 793 (f), 821 (f), 851 (m), **881** (b, aF), 903 (m), 928 (af), 1008 (aF), **1026** (m), 1133 (f), 1148 (af), **1207** (aF), 1259 (m), **1295** (m), 1333 (aF), 1383 (aF), 1439 (TF), 1465 (aF), 1658 (TF), 2848 (TF), 2909 (TF), 2959 (aF), 3045 (aF).

Phényl-1-cyclopentène : 339 (m), 534 (f), 557 (af), 619 (m), 665 (f), 715 (f), 750 (b, f), 815 (af), 840 (b, af), 854 (b, af), **890** (af), 908 (af), 958 (m), 1004 (F), **1033** (m), 1157 (m), 1184 (m), **1208** (f), 1243 (af), 1266 (m), **1296** (aF), 1342 (m), 1442 (aF), 1462 (f), 1495 (aF), 1516 (f), 1574 (af), 1599 (TF), 1627 (TTF, largeur 14), 2845 (F), 2897 (aF), 2926 (aF), 2955 (aF), 2979 (af), 3061 (TF).

Cyclopenténylméthanal : 204 (f), 232 (f), 381 (m), 480 (aF), **882** (b, m, largeur 24), 954 (aF), 1125 (f), 1158 (m), **1205** (af), 1232 (af), **1289** (m), 1351 (af), 1383 (aF), 1434 (aF), 1616 (TF), 1676 (TF, largeur 16) (raies 2900-3000 impossibles à pointer : large bande floue, milieu à 2930).

Cyclopenténylformiate de méthyle : 165 (b, f), 261 (f), 378 (m), 769 (f), 848 (f), **870** (m), **903** (m), 946 (m), 967 (m), **1023** (af), **1206** (m), 1245 (af), 1272 (af), **1297** (m), 1334 (f), 1356 (af), 1437 (b, F), 1469 (m), 1631 (F), 1715 (b, F, largeur 12), 2844 (F), 2894 (aF), 2915 (aF), 2954 (TF), 3072 (aF).

Cyclopentylméthanal : 360 (b, tf), 435 (m), 776 (b, tf), **898** (aF), 966 (b, af), 1014 (b, m), 1040 (b, m), 1086 (af), 1107 (af), 1188 (b, f), 1260 (b, f), 1301 (b, f), 1343 (b, f), 1392 (b, aF), 1451 (F), 1483 (f), 1720 (F, largeur 14), 2873 (F), 2920 (aF), 2974 (b, F).

(¹) Bauer, *Ann. Chim.*, 9e série, **1**, 1914, p. 867.
(²) Urion, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1512.
(³) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1407.
(⁴) *Ann. Chim.*, 11e série, **1**, 1934, p. 43.

Conclusions. — 1° les raies 889, 1032, 1205, 1290, du cyclopentane se retrouvent d'une manière presque générale dans les corps étudiés (voir chiffres gras).

2° *La conjugaison des liaisons multiples* exerce, comme toujours, une influence *considérable* sur les fréquences caractéristiques; ainsi le cyclopenténylméthanal donne :

1616 pour la liaison C = C et 1676 pour la liaison C = O, alors que l'on trouve :

1658 pour le méthylcyclopentène, et 1720 pour l'aldéhyde saturé. De même, l'ester a donné :

1631 pour la liaison C = C et 1715 pour la liaison C = O, au lieu de 1658 pour $C^5H^7.CH^3$ et 1730 en moyenne pour les C = O des esters. Les liaisons de Kékulé du benzène se comportent, à ce point de vue, comme des doubles liaisons ordinaires, ainsi qu'on l'a déjà observé plusieurs fois.

3° Si l'on classe les composés étudiés par ordre de fréquences éthyléniques décroissantes, on trouve :

C^5H^7R avec R.	Fréquence en cm^{-1}.	C^5H^7R avec R.	Fréquence en cm^{-1}.
CH^3	1658	C^6H^5	1629
CH^2OH	1656	CHO	1616
$CHOH.CH^3$	1651	H	1615
C^2H^5	1651	CN	1615
$CO.O.CH^3$	1631		

Ce classement est à peu près identique à celui que Bourguel [1] avait obtenu pour les dérivés $CH^2 = CH.R$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de la dissociation ionique des dérivés de la 2-thio-4-oxytétrahydroquinazoline et des dérivés oxygénés correspondants.* Note de M. **C. V. Gheorghiu**, présentée par M. Delépine.

J'ai montré [2] que les dérivés de la 2-thio-4-oxytétrahydro-1.2.3.4-quinazoline I, chauffés au-dessus de 80° dans les divers solvants, donnent des solutions colorées à chaud, dont la teinte vire, suivant la concentration et la température, du violet au rouge. Ils donnent avec les acides des solutions

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1736.
(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 622.

rouge intense et ils se colorent aussi en rouge au voisinage du point de fusion.

J'ai attribué la coloration à une dissociation ionique pareille à celle observée dans le cas des spiropyranes.

Depuis, j'ai trouvé que les dérivés oxygénés correspondants I *bis* présentent aussi le même phénomène de coloration; seulement, la couleur est jaune.

En continuant ce travail, j'ai trouvé des faits nouveaux, ce qui me permet de discuter et de formuler le mécanisme de la dissociation ionique.

On pourrait supposer que le phénomène de coloration a lieu par simple création d'une liaison hétéropolaire entre l'atome de carbone (2) et le soufre (respectif l'oxygène) du produit I (ou I *bis*) avec formation d'un dipole interne II.

CHOR ; N — Ar ; C = S ; NH

I.

C^6H^4 < CHOR — N — Ar ; NH —— C = O

I *bis*.

CHOR ; N ; C — S ; NH (+ −)

II.

C^6H^4 < CHOH — N.C^6H^5 ; N == C — S.C^2H^5

III.

En faveur de cette hypothèse serait le fait que la 2-éthylthio-4-oxy-3-phényltétrahydroquinazoline III, dans laquelle le soufre est fixé par une liaison simple, ne donne pas de solutions colorées à chaud.

D'autre part, si l'on considère que les produits I donnent avec les acides (ClO^4H, SO^4H^2) la même coloration rouge que celle obtenue avec la substance-mère l'aldéhyde-*o*-aminobenzoïque, on pourrait admettre une ouverture du cycle tétrahydropyrymidinique entre le carbone (4) et l'azote (3), justement où a lieu la cyclisation des produits d'addition des isothiocyanates avec l'aldéhyde-*o*-aminobenzoïque ou avec l'acide isatinique.

Dans ce cas, il y aura au carbone (4), par création d'une liaison hétéropolaire entre le carbone (4) et l'azote (3), la même structure que dans le cas d'halochromie de l'aldéhyde *o*-aminobenzoïque ([1]) avec les acides (IV). Les produits colorés sont représentés par la formule (V) et les solutions

(1) Voir R. Pfeiffer, *Molekülverbindungen*, 1927, p. 58.

colorées avec les acides par les formules (VI) et (VI *bis*)

$$\left[C^6H^4\left\langle\begin{matrix}\dot{C}H\,OH\\NH^2\end{matrix}\right.\right]^+ ClO^4$$

(IV). Sel « carbenium » rouge de l'aldéhyde *o*-aminobenzoïque.

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}\dot{C}H\,OH\\ \bar{N}-Ar\\NH-C{=}S\end{matrix}\right.$$

(V). Produit coloré.

$$\left[C^6H^4\left\langle\begin{matrix}\dot{C}H\,OR\\NH-CS-NH\,Ar\end{matrix}\right.\right]^+ ClO^4$$

(VI). Sel « carbenium » rouge.

$$\left[C^6H^4\left\langle\begin{matrix}\dot{C}H\,OR\\NH-CO-NH\,Ar\end{matrix}\right.\right]^+ ClO^4$$

(VI *bis*). Sel « carbenium » jaune.

Une preuve que, en effet, il y a une ouverture de cycle avec formation du groupement R$\dot{C}$H(OR), qui se trouve dans les aldéhydes, est le fait que les dérivés (VII) et (VII *bis*), quoiqu'ils contiennent au carbone (2) une double liaison thionique (ou céto), ne donnent pas le phénomène de coloration, tandis que le produit (III) donne un perchlorate jaune. De même la 2-thiotétrahydroquinazoline et ses dérivés substitués en (3) (VIII) sont indifférents avec les acides, seulement ils se colorent en jaune au voisinage du point de fusion ([1])

$$C^6H^3\left\langle\begin{matrix}CO-N-C^6H^5\\ |\\NH-C{=}S\end{matrix}\right.$$

(VII).

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO-N-C^6H^5\\ |\\NH-C{=}O\end{matrix}\right.$$

(VII *bis*).

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^2-N-R\\ |\\NH-C{=}S\end{matrix}\right.$$

(VIII).

Par conséquent, il est nécessaire d'avoir dans le cycle le groupement —CHOR au carbone (4) [l'hydrogène peut être substitué, comme dans le cas des acides tétrahydroquinazoline carboniques (4)] et, en même temps, il faut le soufre (ou l'oxygène) doublement lié au carbone (2) du cycle tétrahydroquinazolinique.

En concordance avec les faits expérimentaux, on pourrait admettre que la dissociation ionique a lieu, très probablement, avec l'ouverture du cycle entre le carbone (4) et l'azote (3) et la création en même temps d'un dipole interne entre le carbone (2) et le soufre (ou l'oxygène) selon les formules suivantes :

I → [cycle benzénique —$\dot{C}$H OR; + $\bar{N}$—Ar; C—S; NH + −] (IX). → [cycle benzénique —$\dot{C}$H OR; + $\bar{S}$; C; N=; NH Ar] (X). Produit coloré.

$$I \xrightarrow{ClO^4H} \left[C^6H^4\left\langle\begin{matrix}\dot{C}H\,OR\\N{=}C(SH)-NH-Ar\end{matrix}\right.\right]^+ ClO^4$$

(XI). Sel « carbenium » = la forme tautomère du (VI).

([1]) Busch, *Ber. chem. Ges.*, 25, 1892, p. 2860.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action du cyanure de potassium sur une cétone α chlorée.* Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. Delépine.

Ayant fait agir le chlorure de sulfuryle sur la phénylpropanone : $C^6H^5.CH^2COCH^3$, j'ai obtenu un liquide :

Éb. sous 15^{mm} : $122^o,5$-123°, $n_D^{20^o} = 1,53567$, $D_{4^o}^{20^o} = 1,1574$.

C'est la chloro-1 phényl-1 propanone $C^6H^5.CHCl.COCH^3$.

L'analyse lui attribue en effet la formule brute C^9H^9OCl; l'oxydation permanganique, m'ayant donné un mélange d'acides benzoïque et acétique à l'exclusion d'acide monochloracétique, montre que le chlore est bien en α du noyau benzénique. Sur cette cétone chlorée, en solution dans l'oxyde d'éthyle, j'ai fait agir une solution hydroalcoolique de cyanure de potassium. Le produit de la réaction est un liquide incolore :

Éb. sous 14^{mm} : $131^o,5$-132°, $n_D^{20^o} = 1,52061$, $D_{4^o}^{20^o} = 1,0823$.

La réaction est anormale et analogue à celle du cyanure de potassium sur le chloro-1 diphényl-1.2 éthanal, qui a fait l'objet d'une Note antérieure [1]. Le produit obtenu est le méthyl-2 phényl-3 époxy-2.3 propionitrile :

(I) $$C^6H^5.CH - C(CH^3)CN \quad (\text{pont } -O- \text{ entre les deux C})$$

alors que celui, attendu d'une double décomposition normale, eût été le phényl-2 butanone-3 nitrile-1, $CH^3.CO-CH(C^6H^5)CN$, corps connu fondant à 89-90°. Pour fixer la formule de cet oxyde d'éthylène (I), j'ai fait les réactions suivantes :

1° Dans une solution benzénique de méthyl-2 phényl-3 époxy-2-3 propionitrile, j'ai fait barboter un courant d'acide chlorhydrique sec, il s'est dégagé de l'acide cyanhydrique et, du résidu, j'ai extrait un liquide possédant toutes les constantes de la chloro-1 phényl-1 propanone, l'analyse lui attribue du reste la même formule brute, C^9H^9OCl. Cette réaction peut s'expliquer simplement. Par fixation, sur le pont d'oxygène, l'acide chlorhydrique a donné une cyanhydrine qui, instable, a perdu de l'acide

[1] G. Richard, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 943.

cyanhydrique et s'est ainsi transformée en chloro-1 phényl-1 propanone.

$$C^6H^5.\underset{\diagdown O \diagup}{CH - C}(CH^3)CN + ClH \rightarrow C^6H^5.CHCl - C(OH)(CH^3)CN.$$

$$C^6H^5.CHCl - C(OH)(CH^3)CN \rightarrow HCN + C^6H^5.CHCl.COCH^3.$$

Cette réaction indique le sens de fixation de l'acide chlorhydrique sur le pont d'oxygène : le chlore se fixant près du noyau benzénique.

2° J'ai ensuite fait passer un courant d'acide chlorhydrique sec dans une solution refroidie à 0° de ce même nitrile oxyde d'éthylène (I), dans l'alcool absolu, j'ai obtenu, après destruction par l'eau, du chlorure d'ammonium et un corps cristallisé, fondant à 71-72°, qui est le chloro-3 hydroxy-2 méthyl-2 phényl-3 propanoate d'éthyle

$$C^6H^5CHCl-C(OH)(CH^3)COOC^2H^5,$$

corps nouveau, provenant de la fixation d'une molécule d'acide chlorhydrique sur le pont d'oxygène de l'éther glycidique intermédiairement formé. Si à une solution alcoolique de cet alcool-éther-sel chloré, on ajoute une solution titrée de potasse en présence de phtaléine, un virage stable ne se produit qu'après addition d'une molécule de potasse à une molécule du corps et un dosage de chlorure dans la liqueur hydroalcoolique montre que tout l'halogène est passé sous forme de chlorure de potassium. La solution précédente fournit, après évaporation de l'alcool, un liquide incolore : Ébullition sous 18^{mm}, $145°,5$; $n_D^{20°} = 1,49973$; $D_4^{20°} = 1,0849$; c'est le méthyl-2 phényl-3 époxy-2.3 propanoate d'éthyle :

$$C^6H^5\underset{\diagdown O \diagup}{CH-C}(CH^3)COOC^2H^5.$$

L'action ménagée de la potasse se borne donc à une élimination de chlorure de potassium et formation d'un oxyde d'éthylène :

$$C^6H^5CHCl-C(OH)(CH^3)CO^2C^2H^5 + HOK$$
$$\rightarrow H^2O + KCl + C^6H^5\underset{\diagdown O \diagup}{CH-C}(CH^3)CO^2C^2H^5.$$

Darzens qui, le premier, a préparé cet oxyde d'éthylène donne un point d'ébullition un peu élevé, 153-154°, sous 18^{mm}; quant aux autres constantes, il ne les indique pas dans sa publication [1]. Afin de fixer plus complète-

---

[1] DARZENS, *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 215.

ment la formule de cet oxyde d'éthylène, j'ai fait agir sur lui l'acide chlorhydrique sec et j'ai retrouvé le chloro-3, hydroxy-2, méthyl-2, phényl-3 propanoate d'éthyle, qui lui avait donné naissance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution et l'absorption dans l'ultraviolet des diphénylmuconates d'éthyle.* Note (1) de M. **André-A. Policard**, transmise par M. V. Grignard.

Nous avons préparé des β-β′-diphénylmuconates d'éthyle isomères, corps déjà connus, mais de constitution spatiale encore imprécise.

E. H. Farmer et W. D. Duffin (1927) ont obtenu ces deux β-β′-diphénylmuconates d'éthyle, un stable P. F. 136°, et un instable P. F. 174°, par déshydratation du β-β′-diphényl-β-β′-dioxyadipate d'éthyle par le zinc et l'alcool absolu; ce dernier éther instable se transforme à l'air en un troisième isomère P. F. 72°; celui-ci, déjà obtenu par Beschke (1911), est stable.

```
       C6H5          C6H5           C6H5                               C6H5        C6H5
        |             |              |                                  |           |
OH—C—————————————C—OH           C——C—CH2—COOC2H5                   C———————————C
        |             |       →    ||   |                       →     ||          ||
       CH2           CH2           CH   O                              CH          CH
        |             |              \ /                                |           |
    COOC2H5       COOC2H5            CO                              COONa       COONa
```

La théorie permet de prévoir trois isomères possibles que nous étiquetterons, comme E. H. Farmer et W. D. Duffin ont désignés les bromomuconates d'éthyle. Ces auteurs ne croient cependant pas pouvoir fixer à chaque isomère sa constitution.

```
             C6H5  C6H5                         C6H5               C6H5
               \   /                               \               /
                C—C                                 C—————————————C
COOC2H5—C//          \\C—COOC2H5              H—C//                 \\C—COOC2H5
         \            /                          \                 /
          H          H                        COOC2H5             H
           trans-trans.                                cis-trans.

                       C6H5                         C6H5
                          \                         /
                           C———————————————————————C
                      H—C//                         \\C—H
                          \                         /
                        COOC2H5              H5C2OOC
                                   cis-cis.
```

(1) Séance du 25 juin 1934.

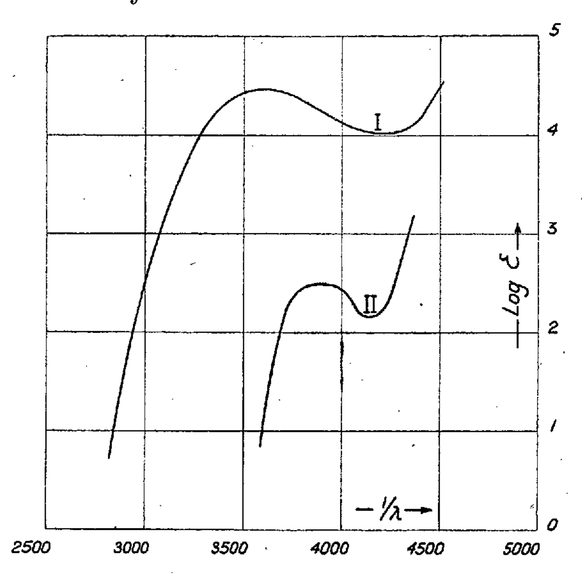
Nous estimons qu'on peut donner à l'éther P. F. 72° la constitution *cis-cis* et à l'éther P. F. 136° la constitution *trans-trans* : l'éther instable P. F. 174° aurait la constitution *cis-trans*.

En effet : 1° par action de l'ammoniaque alcoolique, l'éther P. F. 72° ne donne pas d'amide; au contraire, l'éther P. F. 136° donne facilement une diamide P. F. 220° (avec déc.);

2° par saponification de l'éther P. F. 136° on obtient un diacide correspondant, mais celle de l'éther P. F. 72° donne le monoacide lactonique diphénylcrotolactone-3-acétique.

Des faits analogues d'instabilité ont déjà été signalés dans la littérature, en particulier par Strauss (1905) pour les trois diphénylbutadiènes isomères.

Nous avons ensuite étudié l'absorption dans l'ultraviolet de ces deux diphénylmuconates d'éthyle stéréoisomères.



Les courbes obtenues montrent l'existence d'une bande d'absorption, et le rapport du coefficient d'absorption de l'isomère P. F. 72° au coefficient absolu de l'isomère P. F. 136° est en moyenne égal à 100. De plus, on constate un déplacement en bloc vers le violet quand on passe de l'isomère P. F. 72° (courbe I) à l'isomère P. F. 136° (courbe II).

Ces faits expérimentaux sont bien en accord avec la constitution spatiale des deux isomères étudiés.

Dans les corps qui nous occupent, on peut considérer comme groupes chromophores les groupes C^6H^5, COOH et les doubles liaisons.

Des résultats récents obtenus par Mme Ramart-Lucas et ses élèves ont

montré que plus la distance entre les chromophores est faible, plus les courbes sont déplacées vers le rouge. Dans le cas qui nous occupe ce fait semble se vérifier particulièrement nettement. Stéréochimiquement, dans l'isomère *cis-cis*, les CO OH sont beaucoup plus rapprochés que dans l'isomère *trans-trans*. Les influences mutuelles des groupes C^6H^5 et des doubles liaisons étant identiques dans les deux isomères, on peut théoriquement s'attendre à ce que la courbe de l'isomère *trans-trans* soit beaucoup plus près du violet que celle de l'isomère *cis-cis*; c'est effectivement ce que nous avons constaté.

Nous nous proposons de vérifier ce fait dans d'autres cas analogues et en général pour des corps de formule générale

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>C=\underset{R'}{\underset{|}{C}}-(CH^2)^n-\underset{R'}{\underset{|}{C}}=C\!\!<\!\!\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}$$

Cet exemple est d'autant plus intéressant que, en pratique, les courbes d'absorption dans l'U. V. ne peuvent servir à différencier les stéréoisomères éthyléniques. C'est ainsi que, pour les trois benziledioximes, Meisenheimer et Dorner n'ont pas obtenu des différences importantes entre les courbes. Il est vrai que dans ce cas les doubles liaisons N=C ne peuvent être comparées aux doubles liaisons C=C qui nous concernent ici.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Applications de l'effet antioxygène au problème de la lutte contre l'incendie. L'extinction des flammes.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Jean Le Braz**, présentée par M. Delépine.

Ayant établi un premier classement de corps d'après leur pouvoir extincteur vis-à-vis de la flamme du gaz d'éclairage [2], nous avons recherché quel était le mécanisme de leur action; des expériences analogues sont en cours sur des gaz combustibles purs.

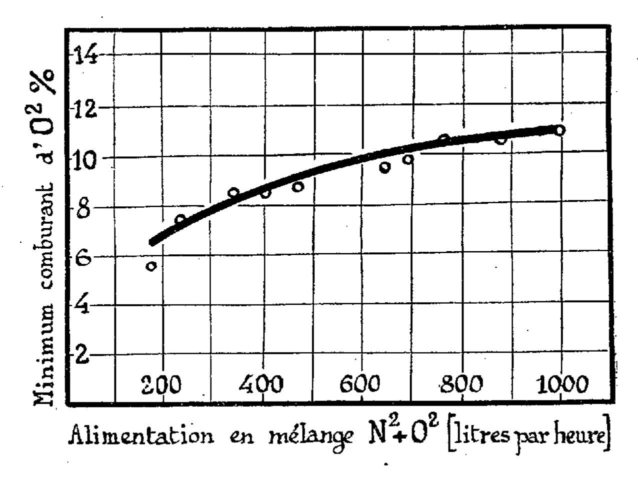
On a commencé par déterminer quelle était la proportion minimum d'oxygène susceptible d'entretenir la flamme. Les chiffres trouvés, pour un même débit de combustible, varient un peu avec la vitesse d'afflux du mélange comburant (voir la figure).

---

(1) Séance du 25 juin 1934.

(2) Ch. Dufraisse, R. Vieillefosse et J. Le Braz, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 162.

Muni de cette donnée, si l'on analyse les gaz résiduels de combustions partiellement intoxiquées par la présence, dans l'air d'alimentation, de vapeurs de corps extincteurs divers, on constate que ces derniers se classent en deux catégories : les uns abaissent la teneur en oxygène au-dessous du minimum comburant, tandis que les autres la maintiennent au-dessus. Les premiers agissent manifestement par étouffement, tandis que les seconds fonctionnent comme antioxygènes.



Influence du débit de mélanges $N^2 + O^2$ sur le titre minimum d'oxygène suffisant à entretenir une flamme de gaz d'éclairage qui brûle 30^l par heure, dans un manchon de 40^{mm} de diamètre.

Voici, à titre d'exemple, les chiffres trouvés dans deux de nos nombreuses expériences, qui concernent le bromure d'éthyle et le tétrachlorure de carbone. Le minimum comburant, pour une flamme de 30^l et une ventilation de 300^l par heure, étant de 8 pour 100 en oxygène, celui-ci ne se retrouve, au-dessus de la flamme, qu'à la teneur de 2,1 pour 100 en présence de 6,6 pour 100 de vapeurs de bromure d'éthyle, tandis qu'il se maintient à 15 pour 100 en présence de 19 pour 100 de tétrachlorure de carbone.

Extincteur.	Pour 100 en volume.	Gaz résiduels pour 100.			
		CO^2.	O^2.	CO.	N^2.
C^2H^5Br	6,6	8,8	2,1	2,3	86,7
CCl^4	19	2,5	15	1,4	81,1

Une série d'autres analyses a donné des résultats semblables.

La première expérience a ceci de particulier que le gaz, en présence de vapeurs extinctrices, arrive à brûler dans un air appauvri en oxygène bien

au-dessous du mininum compatible avec sa combustion normale sans agent étranger. En somme, l'extincteur paraît favoriser la combustion puisqu'il la pousse jusqu'au point où elle consomme presque tout l'oxygène ambiant et s'étouffe ainsi elle-même. Comme le débit de gaz d'éclairage est réglé pour ne pas risquer d'épuiser tout l'air d'alimentation, ce sont les vapeurs de l'extincteur qui s'en chargent en brûlant au contact de la flamme.

Le mécanisme de cette extinction paraît être le suivant : les vapeurs nocives, dont est chargé l'air, s'oxydent rapidement au fur et à mesure qu'elles s'échauffent en s'approchant du feu. Elles forment ainsi une gaine de gaz désoxygéné impropre à nourrir la flamme intérieure. Si le phénomène se développe suivant une épaisseur ou un allongement suffisants, la chaleur dégagée se disperse, la température tombe au-dessous du point d'allumage et l'extinction s'ensuit.

C'est ce que confirment les expériences avec des vapeurs de combustibles vrais, lesquels se comportent aussi comme extincteurs, mais alors en substituant leur propre combustion à celle du gaz d'éclairage.

Ces faits suggèrent l'idée d'une méthode pratique, assez imprévue, pour éteindre les flammes : elle revient à utiliser comme extincteurs des corps, tels le bromure d'éthyle, qui soient combustibles, sans être isolément inflammables dans les conditions habituelles. Bien qu'assez peu avantageux dans son principe, à cause de la combustion plus complète qu'il entraîne, ce procédé pourrait cependant rendre quelques services contre les incendies localisés en espaces clos, ou alimentés par une circulation d'air peu active.

Avec le bromure d'éthyle il se développe une action prooxygène, puisque ce corps, qui est pourtant un si médiocre combustible quand il est seul, active la consommation d'oxygène par la flamme.

A la différence de la première, la deuxième expérience, celle qui porte sur le tétrachlorure de carbone, n'a pas besoin de commentaires développés, car ses résultats sont d'une parfaite netteté : la flamme s'éteint dans une atmosphère d'un titre en oxygène bien supérieur à celui qui suffit à l'entretenir en l'absence de vapeurs nocives. Le tétrachlorure de carbone fonctionne donc comme inhibiteur, en paralysant la combinaison avec l'oxygène.

En résumé, les flammes peuvent être éteintes, par certains composés organiques halogénés, suivant l'un ou l'autre de deux mécanismes inverses, l'un prooxygène, l'autre antioxygène : le premier revient à un étouffement par manque de comburant, le second à une inhibition de la combinaison avec l'oxygène.

En conséquence, puisque, tout comme l'ignition à l'état solide [1], la combustion à l'état gazeux se montre sensible à la catalyse négative, il en résulte la possibilité de réaliser pratiquement les extinctions par effet antioxygène.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de fragments de calcaire nummulitique dans certains cailloutis quaternaires de la région de Médenine* (Extrême-Sud Tunisien). Note [2] de MM. **L. Doncieux**, **R. Pavans de Ceccatty** et **M. Solignac**, présentée par M. Douvillé.

Les spécimens dont il s'agit ont été recueillis dans deux régions : l'une située au lieu dit Mestaoua, sur le bord ouest de la Sebkra Oum-ez-Zezar, au voisinage de la piste ancienne de Zarat à Djorf (feuille Mareth de la carte à 1/100000e); l'autre sur le bord de la route de Djorf à Médenine à 10^{km} environ au sud de Djorf et au point kilométrique 40,420 à partir de Médenine (feuille Adjim de la carte à 1/100000e). Ces deux régions sont constituées, en surface, par des affleurements d'un travertin continental, déjà maintes fois décrit [3], à concrétions rouges et à Hélicidés (*Albea candidissima* Drap., *Archelix Constantinæ* Forbes), qui plonge, à faible distance au nord de ces points, sous les dépôts pléistocènes gréso-calcaires, à Strombes.

A la base de ceux-ci, se trouve généralement une zone poudinguiforme constituée à la fois par des éléments remaniés empruntés au travertin sous-jacent et par des cailloutis comprenant des silex zonés et des fragments d'une brèche fossilifère silicifiée rappelant les lumachelles éocènes de plusieurs localités tunisiennes. Ce sont ces cailloutis qui constituent la surface des régions précitées, après ablation par l'érosion de la mince couche supérieure du grès calcaire marin qui les recouvrait. On a trouvé parmi eux :

1° A Mestaoua, des calcaires gris renfermant abondamment *Nummulites irregularis* Desh. de petite taille (7-10^{mm} de diamètre) et *Nummulites subir-*

---

(1) Charles Dufraisse et Raymond Horclois, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 564; Charles Dufraisse et Roger Vieillefosse, *ibid.*, 194, 1932, p. 2068.

(2) Séance du 25 juin 1934.

(3) L. G. Seurat, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 18, 1927, p. 176-179; E. Larroque, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1613; M. Solignac, *Revue tunisienne*, 6, 1931, p. 161-230.

regularis de la Harpe. Quelques sections équatoriales montrent bien la spire et les cloisons et ne laissent aucun doute quant à la détermination. Ces deux formes sont accompagnées de *Numm. globulus* Leym.

2° Sur la route de Djorf à Médenine, des calcaires blancs très durs, cristallins, un peu siliceux, la surface des Nummulites montre de petits orbicules siliceux. Ils sont bourrés de Nummulites : *Numm. irregularis* Desh. tout à fait typique, très plate, de 10-14^{mm} de diamètre; *Numm. subirregularis* de la Harpe; *Numm. atacicus* Leym.; *Numm. globulus* Leym. (ces deux dernières plus rares).

Cette faune indique très nettement l'âge *Lutétien inférieur* pour ces deux roches.

Cette découverte pose le problème de l'origine des cailloutis à Nummulites.

On sait, d'une façon absolument certaine, que le Nummulitique est complètement absent de la série stratigraphique de l'Extrême-Sud Tunisien; ses affleurements les plus méridionaux n'atteignent pas la chaîne bordière située au nord de la dépression des Chotts. Plus au nord et jusqu'au parallèle de Kairouan, le Nummulitique inférieur est représenté par des formations néritiques sans Nummulites, le faciès caractérisé par la présence de ces Foraminifères étant strictement cantonné dans la Tunisie centrale et ne débordant que légèrement au nord de la vallée de la Medjerda.

Parmi les affleurements les plus méridionaux de l'Éocène moyen à Nummulites, le Djebel Djebil, à 45^{km} à l'ouest-nord-ouest de Kairouan récemment étudié par l'un de nous, présente une constitution lithologique et une faune tout à fait comparables à celles des cailloutis du quaternaire de l'Extrême-Sud. Mêmes calcaires blancs cristallins avec *Nummulites irregularis* Desh. (typique, de grande taille), *N. Pomeli* Fich., *N. atacicus* Leym., *N. subatacicus* Douv. qui indiquent le Lutétien inférieur.

Cet affleurement et, d'une manière générale, les affleurements lutétiens à Nummulites de la région de Kairouan qui sont à la fois les plus méridionaux et les plus orientaux connus, se trouvent à plus de 225^{km} au nord-nord-ouest des dépôts quaternaires ici décrits.

Pour en retrouver de semblables, il faut se reporter à plus de 800^{km} au Sud-Est, en Syrtique (Puits d'El Gifa) et en Cyrénaïque, où le Lutétien est représenté par des formations lithologiques analogues accompagnées de Nummulites caractéristiques [1].

---

[1] A. Desio, *Schizzo geologico della Libia alla scala di* 1/4000000, p. 5; Firenze, 1933-XI.

Il existe donc, entre la Tunisie centrale, d'une part, et la Syrtique, d'autre part, une lacune de plus de 1000^{km} à travers laquelle on ignore la limite de séparation du faciès à Nummulites et du faciès sans Nummulites du Lutétien. La présence, dans le Quaternaire de l'Extrême-Sud Tunisien, de cailloutis à Nummulites lutétiennes, fournit désormais une sérieuse présomption en faveur du passage des formations à Nummulites de cet étage au voisinage des points précédemment indiqués, c'est-à-dire sur l'emplacement de la Petite Syrte. La mer à Nummulites aurait donc vraisemblablement régné le long du flanc septentrional du vaste bombement des Jefara tunisienne et tripolitaine dont la dépression de la Syrtique constitue le périclinal oriental.

GÉOLOGIE. — *Conclusions tirées de mesures précises du débit des sources thermales d'Aix-les-Bains.* Note de M. **G. Schneider**, transmise par M. L. de Launay.

Nous avons modifié les captages des sources Alun et Soufre, dans le but de leur assurer une protection plus efficace en conservant plus complètement leurs qualités physicochimiques, d'assurer la constance des conditions d'émergence et la réalisation facile de mesures des débits au dixième de litre-seconde près. Quelques résultats obtenus, grâce à ces mesures, font l'objet de cette Note.

1. Lorsqu'on modifie brusquement le niveau d'émergence d'une source, son débit se stabilise après un certain temps, qui dépend des côtes extrêmes d'émergence; suivant que le niveau initial est inférieur ou supérieur au niveau final, le débit tend asymptotiquement, par valeurs inférieures ou supérieures, vers sa valeur d'équilibre. Une variation de dix centimètres seulement dans le niveau d'une source suffit à perturber son débit pendant deux heures. Le phénomène s'explique par l'existence de cavités souterraines en relation avec les sources. De la courbe des débits jusqu'à l'équilibre, en fonction de temps, on déduit la capacité moyenne de ces cavités entre deux niveaux. On calcule qu'au voisinage immédiat des niveaux de captage, la section horizontale des cavités souterraines en relation avec Alun est de l'ordre de 20^{m^2}, celle des cavités en relation avec Soufre de 30^{m^2}.

2. On a démontré que les sources thermales d'Aix sont deux émergences distinctes d'un même courant souterrain, ce qui ne résultait pas des anciens travaux de captage. En effet, toute modification du niveau d'une source

modifie le débit de l'autre (à température constante). Ainsi, en abaissant de $0^m,72$ le niveau de Soufre, nous avons vu son débit augmenter de 12,4 à 13,1 litres-seconde et le débit d'Alun diminuer simultanément de 28,5 à 28,1 litres-seconde. La jonction des deux filons thermaux se fait nécessairement à grande distance des émergences : ainsi s'expliquent les réactions différentes des sources aux infiltrations locales et les différences notées entre leurs caractères physicochimiques.

3. Quelque clarté a été apportée dans l'étude des variations de régime. Elles avaient paru capricieuses, parce qu'on avait méconnu l'influence considérable des variations du débit propre (¹) : ce phénomène *se superpose en proportions variables et avec un décalage le plus souvent insensible* aux variations dans les infiltrations d'eau froide issue des alluvions glaciaires recouvrant le sol à l'est d'Aix.

Nous avons montré que toutes les variations de température des eaux thermales sont dues à ces infiltrations. Les venues d'eau froide ne cessent qu'après une sécheresse prolongée. Les pluies augmentent leur importance et peuvent déterminer des *perturbations froides*, baisses anormales de la température des sources. Ces perturbations se manifestent à la source Alun plusieurs heures après la pluie, un peu plus tard à la source Soufre. Celle-ci, toujours moins atteinte que la source Alun, reste parfois seule épargnée. Les perturbations froides s'évanouissent au bout de 5 à 15 jours pour Alun, un peu plus tard pour Soufre.

Les mesures de débit et de température ne mettent immédiatement en évidence une perturbation froide que si les observations à comparer sont faites à bref intervalle; une observation faite immédiatement avant la pluie ne peut être comparée à une autre faite aussitôt après que si, à bref intervalle, la source retrouve ses caractéristiques primitives (température et débit).

Ces restrictions s'expliquent de la façon suivante. Une pluie de quelque importance tombée à Aix provoque (non pas toujours, mais dans la plupart des cas) une augmentation simultanée du débit vrai des sources Alun et Soufre. L'augmentation du débit vrai se fait sentir dans un délai de l'ordre d'une demi-journée à deux jours; elle est de l'ordre, pour 10^{mm} de précipitations, de quelques dixièmes de litres à la seconde par source,

(¹) Nous appelons débit propre, ou débit vrai, des sources thermales, celui qu'on obtient en retranchant du débit mesuré celui des eaux étrangères infiltrées dans la région des émergences.

et toujours plus de deux fois plus grande pour Alun que pour So . En l'absence de pluies, le débit propre des sources diminue constamment; la diminution est par jour de l'ordre de quelques centièmes de litre à la seconde, et plus de deux fois plus grande pour Alun que pour Soufre.

Ceci prouve que les sources thermales d'Aix proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol, dans une région peu éloignée (même régime de pluies) et confirme la commune origine d'Alun et de Soufre.

Appelons *bassin fictif* d'une source une surface du sol dont le coefficient d'absorption est un, et qui, en l'absence de tout ruissellement, permet, à l'aide des mesures pluviométriques brutes, d'expliquer les variations de débit de la source. On trouve, *quelle que soit la période d'observations prise pour base*, un bassin fictif de l'ordre de 80 hectares pour Alun et de 35 hectares pour Soufre. La distinction entre ces deux bassins est purement conventionnelle.

GÉOLOGIE. — *Sur l'orogenèse du massif de l'Hermon (Syrie).* Note [1] de M. **H. Vautrin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Résumant ses observations personnelles et celles, assez contradictoires, des géologues qui l'avaient précédé, M. Blanckenhorn [2], dans une synthèse provisoire, définissait l'Hermon : un anticlinal dissymétrique et déversé vers le Sud-Est, dont les flancs, effondrés en compartiments faillés, sont constitués par du Crétacé moyen et du Jurassique supérieur, le flanc Sud-Est dominant près de Medjel Chems deux écailles imbriquées d'Oxfordien. L. Dubertret [3] a déjà montré que tous les massifs côtiers de Syrie relevaient d'une tectonique de horsts. Confirmant cette vue, mes recherches, faites pour la Section géologique du Haut-Commissariat français au Levant, montrent que le massif de l'Hermon correspond à un horst de calcaires d'âge exclusivement oolithique inférieur, à la périphérie duquel l'on retrouve, en concordance ou en contact anormal par flexures, les séries du Jurassique supérieur, du Crétacé et de l'Éocène.

La lacune stratigraphique présentée par la série jurassique dans l'Anti-Liban [4], au Nord du massif de l'Hermon, semble témoigner de mouve-

---

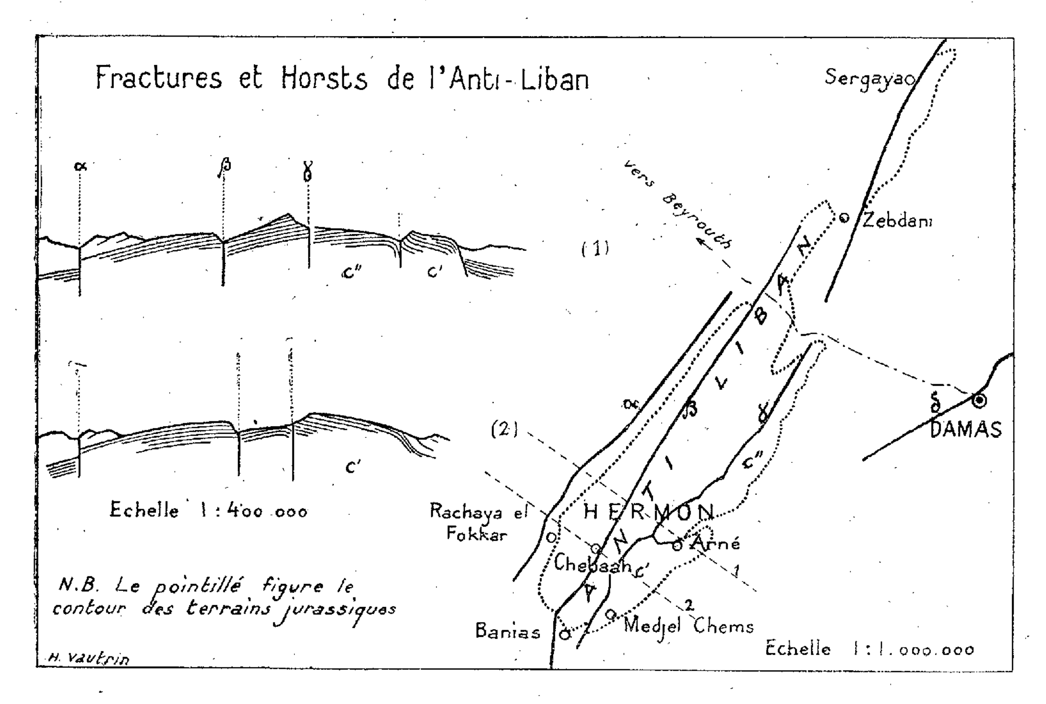
[1] Séance du 25 juin 1934.

[2] *Hand. reg. Geol.*, 5, Heft 7; Abt. 4, 1914, p. 15-16.

[3] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 458.

[4] H. Vautrin, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1438.

ments à la fin de l'Oolithe inférieur, ayant provoqué une première surrection de ce massif. Sur le versant Nord-Ouest de l'Hermon, près de Rachaya el Fokkar, les grès néocomiens reposent sur les calcaires de l'Oolithe inférieur par l'intermédiaire d'une brèche formée d'éléments empruntés uniquement à cet étage. Ceci semblerait prouver que la transgression lusitanienne, dont on rencontre les dépôts au Nord de l'Hermon, laissait encore partiellement émergé le massif. D'autre part, l'activité séismologique de la chaîne de l'Anti-Liban, au cours de la période historique, témoigne d'une rupture d'équilibre non encore compensée. Il est donc



probable que l'orogenèse du massif de l'Hermon est due à une série de mouvements s'échelonnant du Jurassique au Quaternaire. Toutefois, il est indéniable, qu'en dehors du rôle possible de mouvements pré-maëstrichtiens, dont paraît témoigner une importante lacune au Sénonien inférieur relevée sur la bordure Sud-Est du massif, les grands traits de la structure actuelle de l'Hermon sont dus aux mouvements pléistocènes. Les puissantes séries de conglomérats déposées à leur suite en témoignent.

Le horst jurassique de l'Hermon est formé de trois compartiments juxtaposés, limités par un faisceau de fractures dont les directions sont comprises dans le secteur Nord-Nord-Est, Nord-Est. Ce faisceau correspond à un épanouissement des fractures du fossé de la Mer Morte; il est limité à l'Est

par un accident allant de Damas à Palmyre (δ). Le compartiment occidental de l'Hermon, limité à l'Ouest par la fracture du Jourdain (α), est partiellement recouvert par les formations crétaciques; il constitue un glacis de pente assez douce limité à la fracture Chebaah-Banias (β). Le compartiment médian, refoulé par compression, s'est cabré; il forme la crête principale de l'Hermon. Enfin une troisième bande jurassique termine à l'Est le horst; elle est constituée par deux massifs elliptiques, allongés, limités sur leur bordure orientale par une flexure des couches. Les séries du Jurassique supérieur, du Crétacé et de l'Éocène, redressées au contact de cette flexure, en recouvrent parfois totalement le flanc oriental et paraissent venir buter sur les calcaires massifs de l'Oolithe. Cette structure se retrouve dans les rides à noyaux cénomaniens des chaînes palmyréennes qui occupent la région limitée par les fractures γ et δ. Elle correspond à l'adaptation des horizons sédimentaires plastiques à une chute en escalier des éléments du socle entre les fractures γ et δ; c'est pourquoi, malgré l'apparence de plis déversés au Sud-Est présentée par les éléments C', C'' et les chaînes palmyréennes, l'on peut cependant rattacher l'origine de leur structure à une tectonique de horsts. A la faveur de cette structure, le jeu de l'érosion a amené l'affleurement sur la bordure orientale de l'Hermon des éléments jurassiques les plus profonds, en particulier dans la vallée d'Arné.

Au Nord le massif de l'Hermon est limité par l'ennoyage du compartiment jurassique médian, sur lequel on retrouve alors des témoins de la transgression lusitanienne. Les trois unités jurassiques forment dans cette région un plateau assez confus où la zone médiane se poursuit seule au delà de la route de Beyrouth à Damas par le massif des Aiguilles Blanches.

Dans le Nord de la chaîne de l'Anti-Liban, les séries jurassiques réapparaissent, entre Zebdani et Sergaya, sur le versant ouest de l'accident primordial γ qui délimite les deux compartiments orientaux de l'Hermon.

BOTANIQUE. — *Sur les réactions des cellules des racines de Citrus à l'infection par les Mycorrhizes.* Note [1] de MM. **H. S. Reed** et **T. Frémont**, présentée par M. L. Mangin.

La présence de mycorrhizes chez les Citrus, signalée par Peyronel en Italie, par M. C. Rayner en Californie, semble être un phénomène général :

[1] Séance du 25 juin 1934.

nous les avons observées dans les racines de tous les Citrus étudiés en Californie et dans plusieurs exemples de Sicile, de Formosa et de Malaya.

Comme dans tous les cas de plantes à mycorrhizes, l'activité parasitaire du mycélium semble être en général équilibrée par la résistance à l'infection des cellules du parenchyme cortical des jeunes extrémités de racines. De telle sorte qu'il tend à s'établir, dans le cas de l'équilibre, une association permettant la croissance de l'un et la survie de l'autre. Nos recherches poursuivies montrent que cet équilibre dépend : 1° de la saison; 2° des engrais appliqués.

Dans le cas d'une végétation difficile de l'arbre, cet équilibre est rompu en faveur du champignon qui semble alors pouvoir se comporter en véritable parasite.

Dans le cas contraire, celui d'un arbre à végétation normale, toute croissance du mycélium est constamment limitée par une digestion des ramifications mycéliennes à l'intérieur des cellules corticales.

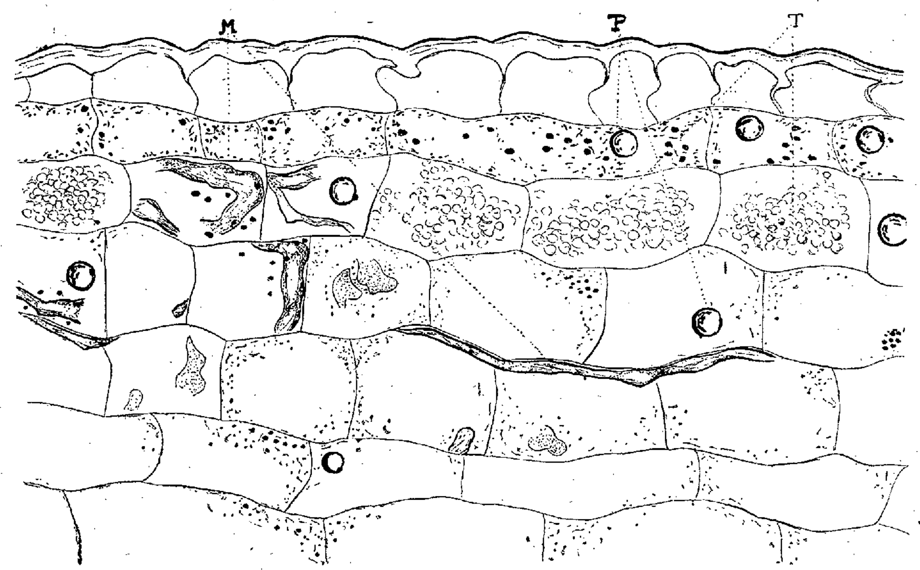


Fig. 1. — Cellules à mycorrhizes d'un arbre privé d'apports d'engrais. M, mycélium de l'endophyte, peu ramifié, à contours nets; P, composés phénoliques; T, emplacement des composés lipoïdiques (dissous au cours de la fixation); M, mitochondries.

La figure 1 illustre le premier cas : les racines ont été prélevées sur un *Citrus sinensis* privé fertilisant pendant 7 années et portant des récoltes de plus en plus faibles. Le mycélium (M) végète en parasite véritable, envoie dans les cellules du parenchyme cortical des suçoirs épais, en général peu ramifiés, à contours parfaitement visibles, se colorant de la même façon

que le mycélium intercellulaire; sa pénétration a provoqué dans les cellules du parenchyme cortical les modifications métaboliques généralement associées à la pénétration des parasites dans les tissus. Des composés phénoliques (P) se sont accumulés dans les vacuoles, fragmentées à l'extrême, des cellules sous-épidermiques. Les inclusions lipoïdiques (J), colorables par l'acide osmique, le bleu d'indophénol, le Soudan III, le bleu de Nil, peuvent devenir importantes au point de masquer, dans certaines cellules, tout autre constituant cellulaire. L'aspect présenté par certaines cellules de racines fixées fait penser que les composés lipoïdiques sont à l'état d'émulsion.

La figure 2 représente au contraire les cas de la pénétration de l'endo-

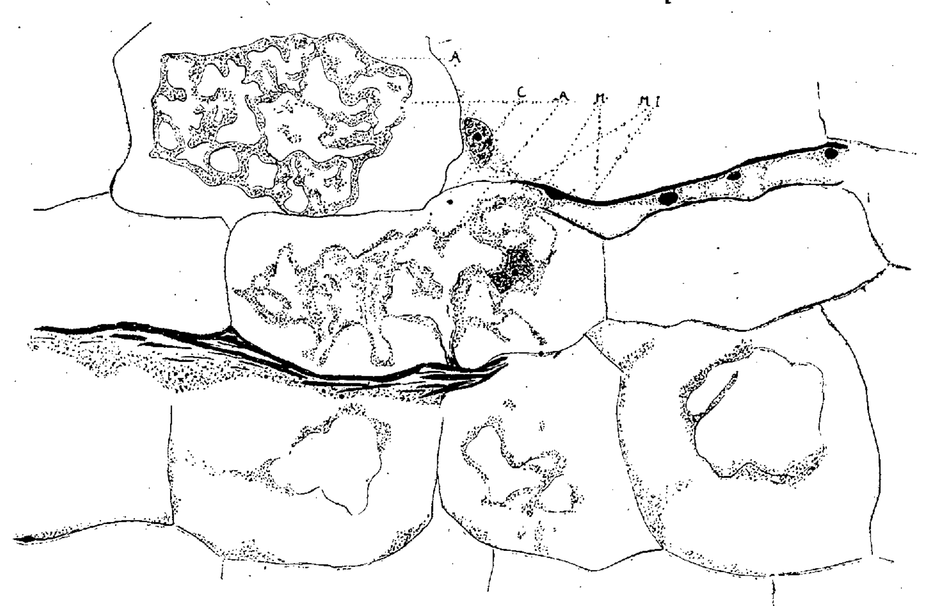


Fig. 2. — Cellules à mycorrhizes d'un arbre ayant reçu de gros apports d'éléments fertilisants. M, mycélium de l'endophyte se résolvant en ramifications nombreuses; C, réseau cytoplasmique entourant le mycélium; vacuoles nombreuses séparées par des trabécules cytoplasmiques intensément colorés et montrant une grande abondance de mitochondries (M). L'ensemble du mycélium et du réseau cytoplasmique qui l'entoure constitue l' « arbuscule » des mycorrhizes.

phyte dans les racines d'arbres à végétation luxuriante. Le mycélium (M), plus grêle, s'insinue entre les cellules et envoie des filaments ramifiés à contours diffus, qui ne se teignent plus comme le mycélium sain. Leur pénétration a provoqué dans les cellules une réaction cytoplasmique; le cytoplasme (C) à leur voisinage est devenu très spongieux par suite de la formation d'un grand nombre de petites vacuoles. Les mitochondries (M) sont extrêmement nombreuses.

L'ensemble de cette gangue cytoplasmique spongieuse, surcolorée, et des restes de filaments mycéliens présente l'aspect classique des arbuscules (A) des auteurs, toujours signalé dans les cas de symbiose à mycorrhizes.

L'aspect cytologique est tel qu'il permet de supposer une protéolyse active affectant le mycélium intracellulaire, puis le cytoplasme de la cellule hôte.

Dans ce cas, pas de composés phénoliques et peu de composés lipoïdiques dans les assises sous-épidermiques; la réaction intense des cellules au voisinage immédiat du mycélium préserve les cellules plus éloignées de l'infection.

L'hypersensibilité locale à l'infection de l'endophyte assure, dans ce cas comme dans ceux étudiés par Dufrenoy, la non contamination des cellules plus éloignées.

Entre ces deux cas extrêmes, de mycélium à véritable pouvoir parasitaire et de celui subissant, dès son entrée dans la cellule, une digestion intense, tous les intermédiaires peuvent d'ailleurs s'observer, soit dans la même plante (en des saisons différentes), soit dans la même plantation (suivant la vitalité des arbres) indiquant que toute modification du milieu extérieur a sa répercussion sur la nature de l'association : mycélium-cellule hôte.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques particularités de la biologie florale des Graminées.* Note de MM. **Antoine de Cugnac** et **Fernand Obaton**, présentée par M. M. Molliard.

On sait que chez un grand nombre de Graminées les phénomènes de l'anthèse sont périodiques, se produisant chaque jour à peu près à la même heure, et presque simultanément pour toute une inflorescence. Tantôt les glumelles s'écartent, permettant ainsi la sortie des étamines, qui se dressent ou pendent hors de la fleur; tantôt, lorsqu'elles sont soudées par la base, elles livrent seulement passage aux étamines par leur extrémité libre. Il se produit alors un allongement rapide des filets staminaux, qui a fait plus spécialement l'objet de notre étude.

La floraison du Seigle, telle que nous avons pu l'observer, se produit de la façon suivante : les anthères pointent d'abord entre les glumelles, puis en deux minutes environ les étamines s'inclinent et viennent pendre en

dehors de la fleur. La déhiscence des anthères et la pluie de pollen ont lieu vers la troisième minute. A partir de ce moment le filet s'allonge par saccades, en se tordant partiellement dans le sens longitudinal. Sa longueur atteint 10^{mm} vers la douzième minute. L'allongement le plus considérable que nous ayons noté est de 15^{mm}, correspondant à la fin du phénomène, qui a duré environ vingt minutes.

Cet allongement des filets se produit également lorsqu'une étamine a été détachée de la fleur. On observe chez le Seigle, dans ces conditions, que le filet ayant au début une longueur de 4^{mm} atteint 5^{mm} en 2 minutes, 6^{mm} en 5 minutes, $8^{mm},5$ en 14 minutes et 10^{mm} en 30 minutes. Si l'anthère a été sectionnée ou si le filet a été complètement isolé, il est nécessaire de le placer dans l'eau pour éviter la dessiccation par les surfaces sectionnées. Lorsque l'étamine est intacte, le revêtement cuticulaire de l'épiderme s'oppose à la dessiccation, de même qu'il empêche la pénétration des réactifs en solution aqueuse.

Nous avons observé des faits analogues chez un grand nombre d'espèces parmi lesquelles on peut citer : *Dactylis glomerata*, *Bromus erectus*, *B. inermis*, *Kœleria eriostachya*, *Elymus junceus*, *Festuca spectabilis*, *Holcus lanatus*, *Phleum pratense*, *Alopecurus utriculatus*, *Hordeum bulbosum*, *Lolium perenne*, etc.

Nous nous sommes demandé dans quelle région du filet se produit l'élongation la plus considérable. A cet effet, nous avons disposé, sur sa longueur, des repères qui nous ont permis de voir que, chez *Elymus* et un certain nombre d'espèces, l'accroissement principal est subterminal. Chez le Seigle, l'accroissement porte successivement sur les diverses régions, sauf sur la base qui ne varie presque pas de longueur. Chez *Elymus junceus* et beaucoup d'autres Graminées, on observe que les cellules du filet sont bourrées d'amidon dans la portion correspondant à l'accroissement principal. On est donc en droit de se demander si ce produit n'intervient pas dans le phénomène. On peut supposer, en effet, que l'énergie mise en jeu pourrait être empruntée à son utilisation. Mais, d'une part, le Seigle ne contient pas d'amidon ; et, d'autre part, chez l'*Elymus* et les espèces qui lui ressemblent à ce point de vue, sa proportion ne paraît pas diminuer sensiblement au cours de l'allongement. Les plastes amylacés seraient peut-être seulement les témoins de la présence d'un excès de glucides solubles.

Par l'examen microscopique, nous avons pu constater que l'élongation a pour siège les tissus périphériques seulement : épiderme et conjonctif sous-épidermique. Sous l'effet de cette extension brutale, les vaisseaux et les

tissus profonds se rompent et ne subsistent plus, finalement, que sous forme d'îlots de 20 à 50$^{\mu}$ de longueur, séparés par des intervalles vides de 100 à 200$^{\mu}$, formant des lacunes tout le long du filet. Les cellules épidermiques ne se divisent pas transversalement au cours de l'allongement : leur nombre est donc constant, mais leur longueur moyenne passe de 100 à 300$^{\mu}$ chez *Elymus junceus*, *Alopecurus utriculatus*, de 75 à 250$^{\mu}$ chez *Phleum pratense*, etc.

On peut mettre en parallèle nos observations avec celles que Skutch (¹) a publiées récemment sur une Musacée de l'Amérique centrale, *Heliconia bihai*. Cet auteur a montré que le pédoncule fructifère de l'*Heliconia* s'allonge sans multiplication du nombre des cellules. Mais, dans ce cas, c'est le parenchyme conjonctif seul qui est le siège de l'allongement, et l'épiderme se rompt, de même que les vaisseaux, tandis que les réserves d'amidon sont consommées.

En résumé, une des particularités de l'anthèse, chez les Graminées que nous avons citées, est caractérisée par un allongement considérable et très rapide des filets staminaux dû à une élongation des éléments périphériques sans multiplication cellulaire. Il s'agit là d'un phénomène biologique bien différent des actions mécaniques qui interviennent chez les végétaux, par exemple au moment de la déhiscence de l'anthère.

PHYSIOLOGIE. — *Variation de la constriction pupillaire avec l'éclairement.* Note (²) de MM. **R. Faillie**, **R. Jonnard** et **H. Vial de Sachy**, présentée par M. d'Arsonval.

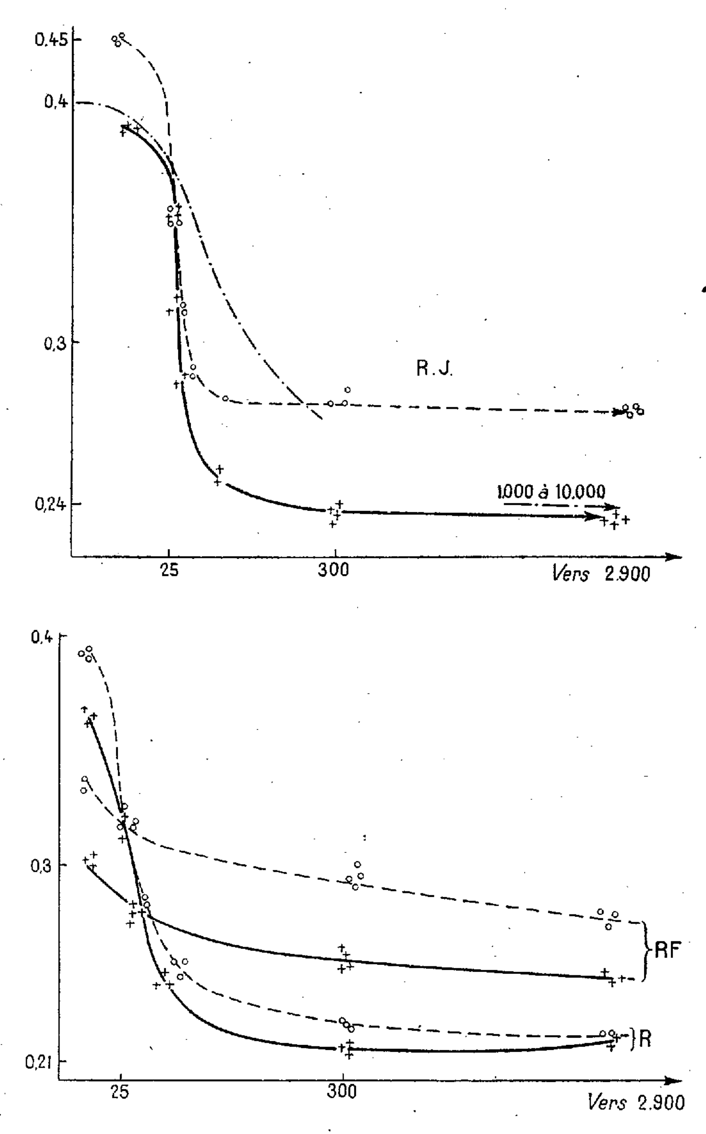
Nous nous sommes proposé de faire des mesures du diamètre pupillaire en fonction d'éclairements variant entre 5 lux et 2900 lux, en lumière blanche, ou en lumière jaune sélective, c'est-à-dire exempte de bleu et de violet.

Nous avons utilisé un dispositif permettant de photographier les deux pupilles, chez trois sujets en expérience, sans déformation des images, les deux pupilles étant illuminées par un éclair au magnésium suffisamment court pour ne pas influencer leur diamètre. L'axe de vision était fixé sur un point situé à 1^{m} du sujet, afin d'assurer l'immobilité des yeux pendant la

(¹) *Amer. Journ. of Bot.*, 20, 1933, p. 535.

(²) Séance du 18 juin 1934.

prise de vue, une convergence et une accommodation constantes. Ce point de fixation se détachait sur un verre dépoli éclairé par transmission au moyen de lampes, blanches ou jaunes, dont la position réglable permettait



de faire varier les éclairements. Les éclairements indiqués sur les graphiques ci-joints sont ceux du plan pupillaire. Ils ont été mesurés au moyen d'un luxmètre de Macbeth étalonné en blanc et en jaune. Nous avons ensuite mesuré sur les photographies les diamètres transversaux de l'iris et de la

pupille de chaque œil, au moyen d'une machine à diviser. Le diamètre de l'iris pouvant être considéré comme constant dans les conditions de nos expériences, nous pouvons définir la variation de la constriction pupillaire par la variation du rapport des deux grandeurs précédentes.

Les graphiques ci-contre montrent la variation de ce rapport en fonction de l'éclairement du plan pupillaire chez trois sujets (en trait plein dans le cas de la lumière blanche, en pointillé dans le cas de la lumière jaune sélective).

Étant donné les valeurs extrêmes de l'abscisse, ces courbes ont été déformées, et nous en donnons seulement les points principaux.

Nous observons que ces courbes sont analogues pour les trois sujets considérés, et prolongent celles obtenues par Holladay pour les faibles éclairements (0,05 à 300 lux) et par Barnister et Hartridge pour les forts éclairements (1000 à 10000 lux). Les résultats de ces auteurs ont été représentés en pointillé d'axe sur l'un des graphiques. Nos mesures permettent donc de tracer la courbe complète de la constriction pupillaire en fonction de l'éclairement.

Barnister a fait remarquer que le diamètre pupillaire ne varie plus que très lentement pour des éclairements supérieurs à 1000 lux. Nous observons qu'en lumière sélective jaune la valeur limite de ce diamètre est toujours supérieure, pour les grandes brillances, à la valeur limite en lumière blanche, le rapport de ces deux valeurs étant de 0,92 (R. F.), 0,88 (R. J.), 0,914 (R.).

Ces chiffres donnent, comme rapport des surfaces correspondantes, respectivement : 0,84 (R. F.), 0,77 (R. J.) et 0,83 (R.) (la quantité de lumière pénétrant dans l'œil est directement proportionnelle à la surface du diagramme pupillaire).

Si l'on admet les idées d'André Broca sur les relations existant entre la constriction pupillaire provoquée par un éclairement artificiel et la fatigue visuelle correspondante, on peut admettre qu'à brillance égale la lumière jaune sélective est moins fatigante que la lumière blanche.

PHYSIOLOGIE. — *Modifications des chronaxies des antagonistes sous l'influence de la posture locale et contra-latérale chez le chien.* Note de M. **Pierre Mollaret**, présentée par M. L. Lapicque.

Au cours de recherches sur l'excitabilité normale du chien, il nous a été donné de mettre en évidence d'importantes modifications des chronaxies des antagonistes, sous l'influence de la posture.

Le dispositif utilisé ne comportait aucune particularité (mesure percutanée par les condensateurs-résistance totale du circuit de 10000ϖ-électrode indifférente dans l'anus). Nous insisterons, par contre, sur les précautions concernant l'animal et permettant la prise des mesures dans des conditions aussi physiologiquement normales que possible : local isolé; pas d'anesthésie; pas de muselage, pas de lien contenant l'animal, ce dernier reposant sur une table matelassée par des couvertures de laine, les pattes antérieures simplement maintenues par la main, dans une position non forcée soit de flexion, soit d'extension.

Dans ces conditions, nous avons habituellement constaté une inversion du rapport des chronaxies des antagonistes selon que les pattes antérieures étaient fléchies ou étendues; voici les chiffres d'une expérience :

	Pattes fléchies.		Pattes étendues.	
	Ext.	Fléch.	Ext.	Fléch.
Rhéobase (volts)	28	32	33	36
Chronaxie (millièmes de microfarads)	52	39	37	50
Rhéobase (volts)	28	32,5	33	36

Des résultats comparables ont été retrouvés dans 11 expériences faites sur cet animal, dans 9 expériences faites sur un second et dans 7 expériences faites sur un troisième. Mais nous tenons à souligner d'emblée que cette modification n'est nullement constante, ni dans son amplitude, ni même dans son sens; nous verrons l'intérêt de cette variabilité. Nous rencontrions là un fait comparable à celui mis en évidence par L. et M. Lapicque sur la grenouille (¹), par H. Laugier, W. Libersohn et B. Néoussikine (²) chez l'homme, et par A. Rudéanu et M. Bonvallet (³) chez le pigeon. Nous avons tenté de poursuivre l'analyse de ce phénomène.

(¹) *Comptes rendus Soc. de Biologie*, **99**, 1928, p. 1497.
(²) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1079.
(³) *Comptes rendus Soc. de Biologie*, **111**, 1932, p. 960.

Il ne relève pas d'une action périphérique; les variations de la résistance cutanée sont annihilées par le shunt; une variation de l'application de l'électrode ne peut être incriminée, des dissections préalables nous ayant permis de rester toujours au point moteur; une fatigue ou même une souffrance musculaire, par étirement prolongé, peut être également éliminée, car nous avons souvent terminé nos mesures par la position initiale et retrouvé les valeurs primitives; d'ailleurs la valeur des rhéobases de chaque antagoniste demeure très comparable dans une position comme dans l'autre.

Nos autres expériences montrent au contraire que le phénomène dépend d'une action centrale. Un argument capital, car éliminant définitivement tout facteur local, réside dans une deuxième constatation qui constitue, croyons-nous, un fait nouveau : celui du rôle de la posture des autres membres, et en particulier de celle du membre symétrique. Nous ne donnerons dans cette Note que les résultats obtenus sur les pattes antérieures (les mesures portent toujours sur la patte droite), réservant nos mesures concernant les pattes postérieures isolées ou les quatres pattes étudiées conjointement. Aux mesures faites pour les pattes antérieures en flexion ou en extension bilatérale, nous avons ajouté des mesures faites dans une position mixte, par exemple après extension bilatérale, la patte symétrique de la patte étudiée était seule ramenée en flexion. Cette modification exclusive de la posture contra-latérale entraîne des modifications chronaxiques comparables :

		Rhéobase.	Chronaxie.	Rhéobase.
Pattes fléchies..........	Ext.........	34,5	40	34,5
	Fléch.......	42,5	28	42,5
Pattes étendues........	Ext.........	32	37	32
	Fléch.......	27	47	27
Patte droite inchangée,	Ext.........	28	49	28
patte gauche fléchie...	Fléch.......	35	30	35

Une telle modification des chronaxies, alors que rien n'a été changé dans la patte correspondante, ni dans le circuit, ne peut se concevoir que par une action centrale.

Nous en avons retrouvé la confirmation dans l'influence des facteurs connus comme exerçant une action modificatrice centrale. Il en est ainsi des modifications de l'état général des centres sous l'influence du calme ou de l'agitation; le phénomène ne peut être constaté que dans un état de calme parfait de l'animal, d'où la nécessité de le soustraire aux bruits, aux changements d'éclairage, au passage d'étrangers, etc. Très démonstrative fut

une expérience négative où l'animal avait été fréquemment agité par les aboiements d'un chien attaché dans la salle voisine. Il en est de même de la fatigue cérébrale, fait que nous avons pu constater chez un animal faisant l'objet de recherches sur les réflexes conditionnels; le phénomène ne pouvait plus être obtenu après une longue séance de réflexes. Nous en rapprocherons encore l'influence analogue du sommeil spontané, qui constitua parfois pour nous un véritable obstacle et dont nous étions d'ailleurs avertis, dans une phase prémonitoire, par l'élévation parallèle des deux chronaxies antagonistes. Comme dernier argument nous citerons enfin le fait que nous avons pu faire disparaître le phénomène sous l'influence de l'anesthésie (à la morphine).

Cette mise en évidence de modifications posturales des chronaxies antagonistes nous paraît comporter deux ordres de conséquences : l'une doctrinale, ce phénomène rentrant dans le cadre général de la subordination nerveuse dont il constitue un remarquable exemple et dont il présente toutes les caractéristiques de variabilité; l'autre pratique, ce phénomène obligeant à définir toujours la posture des segments de membres étudiés, et même celle des segments symétriques.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques résultats expérimentaux fournis par l'hélio-chromomètre. Applications à la météorologie et à la climatologie.* Note [1] de M. **H. Bordier**, présentée par M. d'Arsonval (Extrait).

En exposant le tube de quartz de l'héliochromomètre [2] aux rayons solaires directs, j'ai constaté, ce qui confirme des expériences déjà anciennes, faites avec du papier au citrate d'argent, que l'indice lucimétrique, à Lyon, en mars, passe par un maximum vers midi. Les rayons solaires ont en effet, le matin et le soir à traverser un milieu de plus grande épaisseur et plus fortement chargé en poussières de toutes sortes. Vers midi, l'épaisseur de cette couche trouble, qu'on a appelée non sans raison ciel de suie, est bien moins grande.

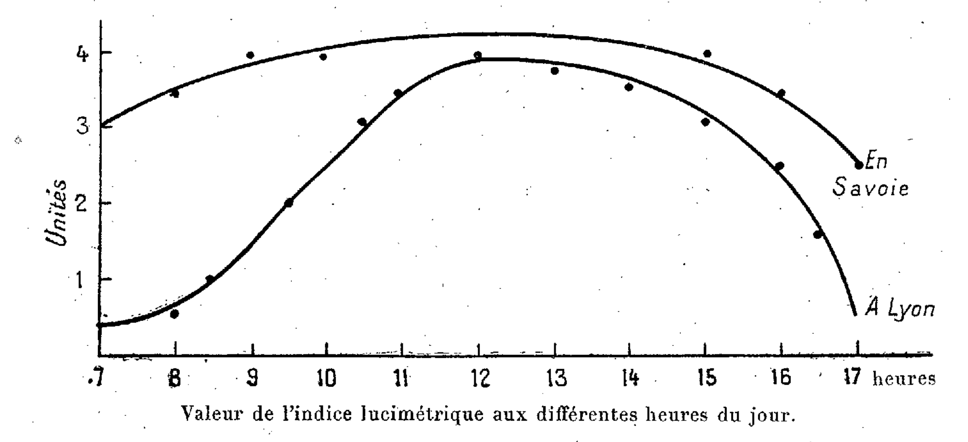
Les variations ne sont pas les mêmes en pleine campagne ou en pays de montagnes. Entre le 1er et le 5 avril 1934, j'ai pu faire des mesures en Savoie; la différence entre les deux courbes tient évidemment à la transparence beaucoup plus grande de l'atmosphère dans ce pays de montagnes.

---

(1) Séance du 4 juin 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1810.

La valeur de l'indice lucimétrique varie encore avec *l'état cinétique* de l'atmosphère. Ainsi, en janvier, un jour de beau soleil et à midi, l'indice lucimétrique mesuré au centre de Lyon était de 0,75 unité-hélio. Le lendemain, par un violent mistral et dans la même position, l'indice était de 1,5 unité-hélio : les poussières provenant des fumées étaient balayées et l'atmosphère nettoyée. La situation topographique de Lyon, dans un couloir formé par le confluent de la Saône et du Rhône où règne fréquemment du vent, est donc une condition très favorable pour l'hygiène des habitants.



Valeur de l'indice lucimétrique aux différentes heures du jour.

Il serait tout indiqué de déterminer l'indice lucimétrique à une heure fixe, par exemple à midi : le renseignement ainsi obtenu viendrait compléter ceux qui sont envoyés quotidiennement à l'Office national météorologique.

Au point de vue climatologique, la connaissance de l'indice lucimétrique serait des plus utiles pour caractériser les stations climatiques, les sanatoria et les centres héliothérapiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur l'hydrolyse des acides α et β-glycérophosphoriques par la taka-diastase.* Note de M. **Jean Courtois**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Après Akasawa, puis Kay et Lee, nous avons pu vérifier (¹) que la taka-diastase hydrolyse plus rapidement l'acide β-glycérophosphorique que son isomère α. D'autre part le pH optimum diffère selon l'isomère hydrolysé. Nous avons recherché s'il existait une corrélation entre ces deux faits et

(¹) *IVe Congrès Chimie Biologique,* Paris, 1934, p. 388.

étudié l'influence de la concentration en substrat sur le pH optimum. Dans ce but nous avons soumis à l'action d'une quantité constante de taka-diastase (0^{gr},20) 50$^{cm^3}$ de solutions d'α ou de β-glycérophosphate à des concentrations et à des pH différents. Les mélanges ont été maintenus à $+37°$ pendant des temps variables et calculés de telle sorte que le pourcentage d'hydrolyse du substrat n'excède pas 10 pour 100 et représente sensiblement la vitesse initiale d'hydrolyse. Nous avons ainsi observé deux faits frappants : 1° comme pour la laccase (P. Fleury) (1) le pH optimum varie avec la concentration du substrat. Pour des concentrations M/100, M/10 et M/3,33 en glycérophosphate, le pH optimum est respectivement de 4,7, de 4,5 et de 5,2 pour la forme α; et de 3,9 puis 4,0 et 5,2 pour la forme β; 2° le rapport des vitesses initiales d'hydrolyse des deux isomères $v\beta/v\alpha$ ne reste pas constant; il est plus élevé à de basses concentrations du substrat pour une forte acidité ($v\beta/v\alpha = 4,5$ à pH 3,2, conc. M/100) qu'à de plus fortes concentrations et une plus faible acidité ($v\beta/v\alpha = 1,2$ pH 4,7, conc. M/3,33).

L'interprétation de ces faits nous a conduit à prendre en considération la notion d'affinité d'une diastase pour ses substrats spécifiques. Si l'on admet d'après Michaelis et Menten (2) que la diastase D se combine au substrat S pour donner une combinaison DS seule active, en équilibre, selon la loi d'action de masse, avec D et S non combinés $(D)(S)/(DS) = K_m$, K_m est la constante de dissociation moléculaire de cette combinaison. La valeur inverse $K_M = 1/K_m$ représente l'affinité de la diastase pour son substrat.

Pour calculer cette constante nous avons utilisé la méthode des auteurs cités. Nous avons déterminé à différents pH : 1° l'affinité K_M; 2° la concentration moléculaire du substrat (pouvoir fixateur P. F.) à partir de laquelle la vitesse initiale atteint son maximum; 3° la vitesse initiale maxima exprimée en centièmes de milligramme de P^2O^5 libérés par minute.

Dans les conditions suivantes : température $+37°$, taka-diastase 0^{g},05, glycérophosphate à concentration variable 25$^{cm^3}$, nous avons obtenu :

pH.	$K_M\beta$.	$K_M\alpha$.	$\frac{K_M\beta}{K_M\alpha}$.	v max β.	v max α.	$\frac{v.\beta}{v.\alpha}$.	P. F. β.	P. F. α.	$\frac{P.F.\beta}{P.F.\alpha}$.
3,8	561,0	133,0	4,2	9,2	6,6	1,39	0,0425 M.	0,0425 M.	1
4,5	100,0	30,0	3,33	13,8	10,0	1,38	0,17 M.	0,17 M,	1
5,3	57,0	20,0	2,85	14,2	10,1	1,39	0,15 M.	0,15 M.	1
6,4	13,3	10,0	1,33	6,1	4,3	1,40	0,28 M.	0,28 M.	1

(1) *Th. Doct. ès Sc.*, Paris, 1924.

(2) *Biochem. Zeitschr.*, 49, 1913, p. 333.

Nous voyons que lorsque le pH augmente : 1° l'affinité K_M *décroît*, pour l'α comme pour le β-glycérophosphate, mais le rapport $K_{M\beta}/K_{M\alpha}$ diminue en restant toujours plus grand que l'unité; 2° le pouvoir fixateur P. F. *augmente* comme dans le cas de la sucrase [Colin et Chaudun (1)] et à l'inverse de la laccase (Fleury, *loc. cit.*), mais, fait important, il est le même pour les deux isomères, quel que soit le pH.

Enfin la vitesse d'hydrolyse maxima de l'isomère β est constamment plus élevée que celle de l'isomère α. Le rapport des vitesses $v\beta/v\alpha$ présente une remarquable constance et est indépendant du pH, contrairement au rapport des affinités.

Le déplacement du pH optimum en fonction de la concentration du substrat peut être interprété grâce à ces trois données. Aux basses concentrations en substrat, la vitesse est réglée principalement par la proportion de combinaison substrat-ferment, proportion qui dépend pour une large part de l'affinité; cette dernière croissant quand le pH diminue, ceci rend compte de l'abaissement du pH optimum aux basses concentrations en substrat.

Aux hautes concentrations en substrat, l'influence de l'affinité s'atténue; la diastase étant presque saturée de substrat, ce sont les variations de la vitesse maxima en fonction du pH qui influencent l'activité optima; le pH optimum se déplace dès lors vers des valeurs plus élevées. Enfin les variations sont plus marquées pour l'isomère β que pour l'α, par suite de la plus grande affinité du β-glycérophosphate pour la taka-diastase. Tout se passe comme si la réaction du milieu agissait différemment sur deux phénomènes distincts : l'un colloïdal, la stabilité de la combinaison d'adsorption ferment-substrat, exprimée par l'affinité; l'autre, spécifiquement diastasique, exprimé par la vitesse d'hydrolyse du substrat et catalysé par les groupes actifs de la diastase.

Conclusions. — Le β-glycérophosphate est hydrolysé plus rapidement que l'α par la taka-diastase pour deux causes distinctes :

1° sa plus grande affinité pour le ferment;

2° la plus grande vitesse d'hydrolyse de sa combinaison diastase-substrat. La réaction du milieu influe en sens contraire sur ces deux caractéristiques, ce qui permet d'expliquer les variations du pH optimum avec la concentration du substrat.

(1) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 218.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude du poids moléculaire des globulines du sérum sanguin.* Note de Mme **André Roche** et M. **Joseph Bracco**, présentée par M. A. Desgrez.

Adair (1), Adair et Robinson (2) ont attribué à la globuline du sérum de Cheval un poids moléculaire de 175000, Svedberg et Sjögren (3) de 103000. La première de ces valeurs a été obtenue par mesure de la pression osmotique des solutions de protéine, la seconde par l'étude de sa sédimentation dans un champ centrifuge intense (ultracentrifugation). Comme d'ailleurs ces deux méthodes donnent en général des résultats concordant avec les autres protéines, il nous a paru qu'il y aurait intérêt à reprendre l'étude du poids moléculaire de la sérumglobuline afin de rechercher l'origine de ces écarts.

L'objet de cette Note est d'exposer les données que nous avons obtenues avec la méthode d'Adair (4) sur la globuline de Cheval et d'Homme préparée à partir de sérum normal, soit frais soit conservé pendant un ou deux mois à 0° ou à 37°, et de sérum antidiphtérique très ancien (1919). La protéine a été préparée et purifiée par la méthode de Sörensen au sulfate d'ammoniaque (5), puis dialysée sous pression contre un mélange tampon de phosphates $m/15$ (Sörensen) de $\mathrm{pH} = 7,4$. Lorsque tout le sulfate d'ammoniaque a été éliminé, on a déterminé la pression osmotique des solutions à $\mathrm{pH} = 7,4$ à 0°.

Le poids moléculaire est calculé par deux formules suivantes : $M = 10\mathrm{RT}/\pi_0$, $p - p_i = p_p = 10\mathrm{RT}\,g_p C_v/M$, où M = le poids moléculaire de la protéine; R = la constante des gaz; T = la température absolue; $\mathrm{RT} = 760 \times 22,412 = 17033$ à 0°; p = la pression osmotique observée en millimètres de mercure; p_i = la pression due à l'équilibre de Donnan; p_p = la pression partielle des ions protéiques; C la concentration en grammes de protéine pour 100cm³ de solution; C_v la concentration en grammes de protéine pour 100cm³ du solvant; $\pi = p/C$; $\pi_0 = \pi$ pour une solution infiniment diluée; g_p = le coefficient osmotique.

---

(1) *Skand. Arch. f. Physiol.*, 49, 1926, p. 76-77.
(2) *Biochem. Journ.*, 24, 1930, p. 1864-1889.
(3) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 3318-3332.
(4) *Proc. Roy. Soc.*, A, 108, 1925, p. 627-637.
(5) S. P. L. Sörensen, *Proteins*, 1 vol. 142 p.

Les données obtenues sont résumées ci-dessous :

Origine du sérum.	Nature de la préparation.	Nombre de mesures.	Poids moléculaire calculé par la formule (1).	(2).
Homme	Globuline de sérum frais	5	103 000	105 000
Cheval	Globuline de sérum frais	15	150 000	151 000
Cheval	Globuline de sérum conservé 1 et 2 mois à 0°.	8	136 000	150 000
Cheval	Globuline de sérum conservé 1 mois à 37° env.	3	226 000	200 000
Cheval	Globuline de sérum antidiphtérique datant de 1919	4	213 000	233 000
Cheval	Euglobuline de sérum frais	5	152 000	158 000
Cheval	Pseudoglobuline de sérum frais	4	110 000	116 000

L'examen de ce tableau montre que la sérumglobuline a pour poids moléculaire 103 000 chez l'Homme et 150 000 chez le Cheval.

Dans le sérum de Cheval conservé à 0° pendant un à deux mois, ce poids moléculaire diminue (135 000); il augmente au contraire notablement (226 000) après un séjour d'un mois à 37° ou dans les sérums thérapeutiques très anciens.

Ces résultats sont en accord avec un ensemble de données obtenues par ultracentrifugation et publiées au cours même de l'exécution de ce travail par Mutzenbecher ([1]). Cet auteur a constaté deux ordres de faits. D'une part, la globuline du sérum frais de Cheval normal est constituée presque exclusivement par des molécules dont le poids est de 138000, une fraction minime de cette protéine existant sous deux autres états correspondant respectivement à des particules plus grosses et plus petites. D'autre part, le vieillissement du sérum comporte la fragmentation d'une partie de celles-ci, tandis que son chauffage à 58° pendant 10 minutes y fait apparaître des micelles plus grosses, existant également dans certains sérums pathologiques.

Conclusion : La pression osmotique de la sérumglobuline correspond à un poids moléculaire de 103000 pour le sérum frais d'Homme normal, de 150000 pour celui du Cheval normal. Au cours de conditions diverses ces valeurs sont susceptibles de présenter des variations importantes indiquant soit une augmentation (226000) soit une diminution (135000) du poids moléculaire de l'ensemble des micelles globuliniques.

([1]) *Biochem. Zt.*, 266, 1933, p. 226-265.

PARASITOLOGIE. — *Rapports entre le développement de* Symbiocladius hithrogenæ, *Chironomide ectoparasite et la croissance de l'Éphémère-hôte.* Note de M. **Radu Codreanu**, présentée par M. M. Caullery.

Symbiocladius rhithrogenæ est un Chironome dont la larve vit à demeure sous les ébauches alaires des nymphes de *Rhithrogena semicolorata*, Éphémère très répandue dans les torrents du massif des Bucegi (Roumanie). J'ai montré antérieurement (¹) que ce Diptère est un véritable ectoparasite, de par sa nutrition entièrement hématophage. Sous son influence, le développement des *Rhithrogena* est totalement enrayé et celles-ci meurent à l'état de nymphes aquatiques, bientôt après l'éclosion du Chironome.

Symbiocladius rhithrogenæ est susceptible d'infester les nymphes d'une seconde espèce d'Éphémère, *Heptagenia lateralis*, commune également dans les torrents de la région, où elle est limitée aux endroits peu agités. Ainsi que je l'ai fait connaître (²), le développement larvaire de *Symbiocladius* comprend 4 stades, nettement caractérisés morphologiquement et séparés par 4 mues consécutives, dont la dernière aboutit à la pupe. Voici les chiffres indiquant la croissance linéaire moyenne du parasite peu après l'éclosion et jusqu'à la nymphose :

Stades...........	I.	II.	III.	IV.
Longueur en millimètre.	0,5–1,2	1,2–1,6	1,6–2,4	2,4–5 (♂), 5,8 (♀).

Dans la nature, on trouve le Chironome au premier stade sur des nymphes d'âge très différent et dont la taille peut varier de 2^{mm},5 à 6^{mm},5 (cerques non compris) pour *Heptagenia* et jusqu'à 8^{mm} pour *Rhithrogena*. J'ai suivi, en élevage, l'évolution complète de *Symbiocladius* sur 12 *Heptagenia* et sur 4 *Rhithrogena*, de dimensions choisies entre les limites indiquées ci-dessus. De ces observations se dégagent les données suivantes :

1° la durée du premier stade du parasite est fonction de la taille de l'hôte et c'est uniquement lorsque celui-ci a atteint une longueur de 4^{mm}-4^{mm},5 chez *Heptagenia* et de 4^{mm},5-5^{mm} chez *Rhithrogena*, que le Chironome passe au deuxième stade larvaire. Exemple : deux *Heptagenia*, l'une de 6^{mm}, l'autre de 2^{mm},5, chacune porteuse d'une larve primaire de *Symbiocladius*,

(¹) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1462.
(²) *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 1433.

sont mises en élevage le jour même de leur récolte (5.VII.32); on trouve le parasite venant de muer, trois jours après sur la grosse nymphe et le quinzième jour seulement sur la petite, qui, elle, a subi cependant quatre mues pour arriver à la longueur de $4^{mm},5$. Cette taille de l'hôte, critique pour le parasite, est atteinte plus tôt au cours du développement des Éphémères normales que chez les nymphes parasitées, car le Chironome, dès son premier stade, réduit notablement l'amplitude de la croissance de ses hôtes. De même, les *Rhithrogena*, qui sont plus grandes que les *Heptagenia*, acquièrent cette taille critique étant plus jeunes que celles-ci;

2° tandis que la première mue du parasite n'est pas liée à un stade déterminé de l'hôte, le passage du Chironome à son quatrième stade précède invariablement de 1 à 3 jours, la dernière mue *possible* de l'Éphémère, dont la taille peut alors varier largement. Au moment de cette mue particulière, la longueur moyenne de la larve parasite est de $2^{mm},6$ sur *Heptagenia* et de $2^{mm},9$ sur *Rhithrogena*. Pendant tout le reste du développement du Chironome (larve adulte, pupe, éclosion de l'imago), s'étendant sur un intervalle de 10 à 11 jours, *je n'ai jamais enregistré aucune mue de l'Éphémère*, qui garde jusqu'à sa mort le sac pupal vide du parasite. Jusqu'à l'arrivée du Chironome au quatrième stade, les mues de ses hôtes se succèdent, comme chez les témoins indemnes, à un intervalle de 4 à 7 jours, variable selon la température ambiante, la quantité de nourriture et l'âge des sujets.

Pour préciser la place de la dernière mue *possible* de l'hôte dans le développement, j'ai enlevé le Chironome, au début du quatrième stade, chez 114 *Heptagenia* et 14 *Rhithrogena*, en suivant l'évolution ultérieure des nymphes privées de leur parasite. Selon la température de l'élevage, 6 à 14 jours à partir de cette mue particulière, on constate chez les Éphémères déparasitées l'apparition des caractères suivants : noircissement des ébauches alaires, brunissement des cerques latéraux, des fémurs antérieurs et de l'abdomen, décollement des téguments de la tête et du thorax, segmentation des tarses. Ce sont ces mêmes caractères qui marquent les nymphes normales à la veille de l'éclosion du subimago. Un à quatre jours après, on assiste à une mue, généralement avortée, aboutissant à un subimago plus ou moins réduit, mais nettement reconnaissable, qui, dans onze cas pour *Heptagenia* et deux cas pour *Rhithrogena*, a pu se dégager complètement. Ces subimago atrophiques se caractérisent par une petite taille, l'exiguïté de leurs ailes et de l'appareil copulateur des mâles. Leur degré de réduction

dépend de l'âge du parasite au moment de l'enlèvement et surtout de la précocité de sa fixation.

Ces résultats, très constants, permettent d'assimiler la dernière mue *possible* des Éphémères parasitées à l'avant-dernière mue de leur développement normal. Donc, la phase la plus importante de la croissance du parasite au quatrième stade (où il passe de $2^{mm},6$-$2^{mm},9$ à 5^{mm}-$5^{mm},8$) ne s'accomplit que lorsque son hôte est entré dans le dernier stade de sa vie nymphale. J'ai obtenu même l'évolution d'un *Symbiocladius* (de la larve primaire à l'éclosion de l'imago), sur une *Heptagenia* venant d'accomplir son avant-dernière mue et qui, de ce fait, a été amenée à vivre 33 jours, soit le quadruple de la durée normale du dernier stade nymphal. Il s'ensuit que, dans les cas où, malgré l'infestation tardive, le Chironome arrive à détourner le métabolisme de l'Éphémère, le dernier stade nymphal de l'hôte suffit *à lui seul* pour le développement complet du parasite. D'ailleurs, c'est précisément à ce stade que l'Éphémère normale mobilise ses réserves, accumulées au cours de sa longue existence aquatique, pour la réalisation de l'Insecte ailé et de ses gonades.

En résumé, *Symbiocladius rhithrogenæ* évolue en harmonie avec l'allure de la croissance de ses hôtes et, comme le témoigne la courbe de son développement, l'accroissement final considérable du Chironome se trouve nécessairement lié au dernier stade nymphal de l'Éphémère. Les relations constatées se ramènent en dernier lieu à la nutrition du parasite en rapport avec les différentes phases réactionnelles de son hôte, ainsi qu'il sera montré ultérieurement.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la recherche du bactériophage dans les eaux.* Note de MM. **Frédéric Diénert**, **Pierre Etrillard** et Mme **Madeleine Lambert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans l'intestin des malades convalescents de fièvre typhoïde, on rencontre le bactériophage antityphique. L'évacuation des eaux vannes contenant des déjections de ces malades doit donc enrichir en bactériophage les eaux de rivières qui les reçoivent. Aussi a-t-on recherché ces ultravirus dans les eaux superficielles, très souvent sans succès. On rencontre le plus souvent dans les eaux d'égout et les eaux de rivière le bacté-

riophage anti-Shiga. Certains auteurs ont rencontré du bactériophage anticoli. Il est beaucoup plus rare que les deux autres.

Les laboratoires ont actuellement tendance à ajouter à leurs recherches bactériologiques celle des bactériophages antityphique et anticoli pour apprécier la qualité d'une eau. Malheureusement on ne connaissait pas jusqu'ici une méthode suffisamment sensible et sûre pour faire cette recherche.

Nous donnons aujourd'hui la méthode que nous avons mise au point et permettant de rechercher facilement et rapidement dans un grand volume d'eau l'un et l'autre de ces bactériophages à l'état très dilué.

Nous prenons 5 litres d'eau à examiner. On y ajoute 25^{cm^3} d'un lait d'alumine, exempt d'ammoniac, qu'on prépare en précipitant le sulfate d'aluminium par l'ammoniaque et on lave à grande eau pendant plusieurs heures le précipité ainsi obtenu. Le lait d'alumine est formé par le précipité débarrassé par décantation de l'eau qui le surmonte.

L'eau et l'alumine sont agités ensemble énergiquement et on laisse reposer le tout pendant 12 heures à la glacière. On décante le liquide débarrassé en grande partie de bactériophage par le dépôt d'alumine. On centrifuge ce dernier et on obtient un culot de 5^{cm^3} environ. On le reprend par 50^{cm^3} d'une solution stérile de phosphate disodique à 10 pour 1000. On agite bien le tout et on remet ainsi en suspension tout le bactériophage entraîné par l'alumine. Cette solution est au pH = 8,4.

On décante le liquide phosphaté qu'on ensemence dans 50^{cm^3} d'un bouillon de peptone à 10 pour 100 neutralisé au pH = 7,5 et additionné d'une trace de culture de B. d'Eberth ou de B. coli.

On met à l'étuve à 37°. Après 48 heures, on filtre sur bougie L3 la culture et l'on procède ensuite à la recherche du bactériophage dans ce bouillon par les méthodes ordinaires [1].

Nous avons trouvé du bactériophage anti-Eberth dans l'eau de Seine. Ce bactériophage est en plus grande quantité dans les échantillons pris à l'aval que dans les eaux prélevées à l'amont de Paris.

Nous sommes arrivés à le trouver dans les eaux de Seine filtrées et même javellisées à la dose de $0^{mmg},3$ de chlore par litre. Bien entendu, dans le cours de la filtration le bactériophage s'atténue beaucoup, mais reprend vite sa virulence dans notre milieu.

---

(1) F. D'HÉRELLE, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 373.

Nous n'avons pas rencontré de bactériophage dans les eaux de source pendant la période de sécheresse actuelle.

Jusqu'ici, nous n'avons isolé le bactériophage anticoli que dans les eaux de Seine à l'aval de Paris.

A 16^{h}5^{m} l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}20^{m}.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUILLET 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un deuil cruel vient de frapper la Science française. Mme **Curie**, veuve de notre regretté Confrère Pierre Curie, est morte prématurément mercredi matin dans un sanatorium de montagne, à la suite d'une courte maladie qui paraît due à l'action nocive des radiations auxquelles l'exposait journellement son travail scientifique. Elle a été inhumée vendredi matin, à Sceaux, aux côtés de son mari, dans une stricte intimité, conformément à ses volontés.

Mme Curie avait posé, il y a plus de vingt ans, sa candidature à notre Académie et avait obtenu un nombre de suffrages qui est rarement atteint dès une première candidature; des polémiques s'étaient alors produites sur le principe même de l'admission des femmes à l'Institut et une sérieuse opposition s'était manifestée contre ce principe; dès lors, Mme Curie, avec une réserve peut-être excessive, s'était refusée aux instances réitérées de ses amis et n'avait jamais consenti à solliciter à nouveau un de nos sièges.

Je ne puis retracer aujourd'hui une œuvre scientifique dont tout le monde connaît les grandes lignes et dont l'exposé complet sera fait par nos confrères physiciens et chimistes au cours de la cérémonie officielle que le Gouvernement a décidé d'organiser à la rentrée de l'Université.

Je voudrais simplement rappeler brièvement que Mme Curie n'a pas seulement, par la part importante qu'elle a prise à la découverte de la

radioactivité, par l'isolement chimique du radium qui est son œuvre propre, créé une science nouvelle, mais que pendant plus d'un quart de siècle, en dirigeant le laboratoire du radium, elle a eu un nombre très considérable d'élèves, elle a inspiré et dirigé d'innombrables recherches expérimentales et théoriques; elle a été ainsi véritablement le chef d'une des branches les plus importantes de la Science française. Par l'impulsion qu'elle a donnée aux applications thérapeutiques de la radioactivité, elle a contribué à soulager bien des souffrances et mérité d'être rangée parmi les bienfaiteurs de l'humanité.

Il serait trop long de rappeler tous les honneurs internationaux qui lui furent décernés. Comment ne pas mentionner cependant qu'elle fut le seul savant à recevoir deux fois un prix Nobel : une première fois, en collaboration avec Pierre Curie et Henri Becquerel, le prix Nobel de Physique, et la seconde fois, à titre personnel, le prix Nobel de Chimie.

D'origine polonaise, Marie Sklodowska, devenue par son mariage Mme Pierre Curie, était née à Varsovie le 7 novembre 1867. Elle partageait son affection entre sa patrie d'origine et sa patrie d'adoption. L'une de ses plus grandes joies fut la reconstitution de la Pologne après la grande guerre. Elle avait pour sa part contribué à la victoire des alliés par l'activité infatigable avec laquelle elle mit toute sa science et tout son dévouement à la disposition de la Croix-Rouge, notamment par la création des voitures radiologiques qu'elles conduisait elle-même dans la zone des armées.

Sa renommée universelle valait à Mme Curie d'être constamment sollicitée pour d'innombrables œuvres, conseils ou comités. Elle refusait toujours de donner son nom à une œuvre dont elle ne pouvait pas s'occuper effectivement et elle tenait d'autre part à consacrer tout son temps à son enseignement, à son laboratoire, à son travail scientifique, à des voyages et des conférences qui étaient aussi du travail scientifique.

Elle fit une seule exception en acceptant de faire partie de la Commission de coopération intellectuelle de la Société des Nations où elle siégea à côté de nos regrettés confrères H.-A. Lorentz et Paul Painlevé, à côté de notre confrère Albert Einstein. Elle s'y occupa particulièrement avec eux de deux questions qui sont capitales pour l'avenir de l'humanité, l'éducation des masses populaires et l'organisation internationale de la recherche scientifique.

Tous ceux qui ont approché Mme Curie n'ont pas moins admiré et aimé la noblesse de son caractère que la puissance de son intelligence. Elle était

devenue célèbre dans le monde entier et avait conservé toujours la même simplicité de manières.

Sa mort est une perte irréparable pour la Pologne, pour la France, pour l'Humanité. Je suis sûr d'être votre interprète unanime en adressant à ses deux filles et à tous les siens l'expression de nos respectueuses condoléances.

Mes chers Confrères,

Nous avons appris ce matin un nouveau deuil pour notre Académie, déjà si cruellement éprouvée au cours de ces derniers mois. Notre Confrère **Benjamin Baillaud** est mort hier à Toulouse, où il s'était retiré, après sa retraite, auprès d'une partie de sa nombreuse famille et où ses derniers mois avaient été attristés par la fin prématurée de son gendre Edouard Privat.

Né à Chalon-sur-Saône le 14 février 1848, Baillaud entre en 1866 à l'École Normale, dans la même promotion que notre regretté Confrère Jules Tannery, son cadet d'un mois, avec lequel il devait se lier d'une solide amitié dont les liens furent encore resserrés par le mariage de Tannery avec l'une des sœurs de Baillaud. A la même promotion appartenait, dans l'ordre des lettres, Louis Liard, notre regretté Confrère de l'Académie des Sciences morales. Ces trois camarades de promotions étaient des administrateurs-nés et, quelle que fût la valeur des travaux personnels qui leur ouvrirent les portes de l'Institut, c'est par leur connaissance approfondie des hommes et des besoins de la science et de l'enseignement qu'ils ont surtout mérité d'être comptés parmi les plus grands et les meilleurs serviteurs du Pays.

Baillaud eut l'occasion, très jeune, de faire preuve de ses qualités d'administrateur puisque, dès 1879, à peine âgé de 31 ans, il était nommé doyen de la Faculté des Sciences de Toulouse; les doyens étaient alors désignés par le Ministre; lorsque 9 ans plus tard, en 1888, les Facultés furent appelées à voter, le premier acte de la Faculté des Sciences de Toulouse fut un acte d'indépendance et elle n'élut pas le doyen du ministère; mais, la charge étant devenue vacante 2 ans plus tard, elle eut cette fois un sentiment de reconnaissance pour les services rendus et ses suffrages se portèrent spontanément sur Baillaud, qui fut très sensible à cet acte de réparation.

Pendant la période de 14 ans où il fut ainsi, avec une courte interrup-

tion, à la tête de la Faculté des Sciences de Toulouse, Baillaud donna à cette Faculté un développement vraiment extraordinaire, ne se contentant pas de doubler le nombre des chaires et des enseignements, mais appelant à Toulouse des savants éminents, dont un grand nombre sont devenus nos Confrères. Il faut signaler à part le rôle essentiel qu'il a joué dans la nomination de Stieltjes, donnant ainsi, à ce grand mathématicien originaire des Pays-Bas, la France comme seconde patrie.

Mais, dès cette époque, les préoccupations de l'enseignement et de l'administration de la Faculté n'empêchaient pas Baillaud de consacrer ses meilleurs efforts à l'Astronomie et à la direction de l'Observatoire de Toulouse, qu'il a occupé pendant 30 ans, de 1878 à 1908, et n'a quitté que pour devenir Directeur de l'Observatoire de Paris et faire ainsi profiter notre plus important observatoire astronomique de sa longue expérience des hommes et de l'organisation scientifique. Il fut élu, le 24 février 1908, membre de notre section d'astronomie, dont il avait été nommé correspondant le 24 février 1902. Comme l'indiquait M. Radau dans son rapport, cette élection n'était pas seulement justifiée par le titre de Directeur de l'Observatoire, mais par les grands services rendus par M. Baillaud à la science et à l'astronomie d'observation.

Élève astronome dès 1872, aide astronome en 1874, il supplée Leverrier en 1877 dans sa chaire de la Sorbonne; puis en 1878, il remplace Tisserand dans la chaire d'astronomie et la direction de l'Observatoire de Toulouse, où il organise notamment une large participation de cet Observatoire à la carte photographique du ciel, ce qui lui donne l'occasion de collaborer étroitement à cette organisation internationale et d'y rendre d'éminents services. Entre temps, il développe l'Observatoire de Toulouse, crée l'Observatoire astronomique du Pic du Midi.

Cette lourde besogne administrative, qui devait encore s'accroître et s'amplifier lorsqu'il dirigea, avec une autorité particulière, l'Observatoire de Paris, n'empêche pas Baillaud de poursuivre ses recherches personnelles.

Sa Thèse avait été consacrée à la méthode de Gyldén pour le développement des perturbations des comètes; il s'était ensuite attaché au calcul numérique des intégrales définies et aux quadratures mécaniques à la théorie des satellites; il avait publié un excellent Cours d'Astronomie; je ne puis mentionner toutes ses contributions à l'astronomie d'observation.

Baillaud avait créé les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse* dont son gendre Édouard Privat devait devenir plus tard l'éditeur; ce fut

une grande joie pour lui de voir deux de ses fils se consacrer à l'astronomie et y parcourir de brillantes carrières.

Il avait cessé, depuis sa retraite, de participer à nos travaux; ceux d'entre nous qui l'ont connu conserveront le souvenir de sa bonhomie souriante, qui laissait cependant apercevoir la fermeté de son caractère et la continuité de ses desseins.

Sa perte sera douloureusement ressentie par les astronomes du monde entier, avec lesquels il avait été en cordiale collaboration pour toutes les œuvres d'intérêt général; son souvenir durera dans notre pays, notamment à Toulouse et à Paris, où son œuvre lui survivra.

En votre nom, j'adresse à tous ses enfants, à toute sa nombreuse famille, l'expression de toute la part que nous prenons à leur douleur.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

M. A. Lacroix fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Contribution à la connaissance de la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indochine*, dans lequel sont exposés les principes de sa classification chimico-minéralogique des roches éruptives.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° 4 feuilles de la *Carte géologique au 1/200000ᵉ de Madagascar*, avec Notices explicatives dues à MM. Henri Bésairie et V. Hourcq.

2° M. Guggenheim, *Les Amines biologiques*. Édition française par A. Berthelot, A.-R. Prévot et G. Karl. Préface de M. Tiffeneau. (Présenté par M. G. Bertrand.)

3° *Applications des trains épicycloïdaux à des problèmes de mécanique cinématique*, par F.-E. Myard. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les rétractes absolus indécomposables.* Note [1] de MM. K. **Borsuk** et S. **Mazurkiewicz**, présentée par M. Émile Borel.

Un sous-ensemble D d'un espace M s'appelle *rétracte* de M, s'il existe une fonction continue $f(x)$ transformant M en D et telle que $f(x)=x$ pour $x\subset D$. Si pour tout espace $M\supset D$, D est un rétracte de M (resp. un rétracte d'un certain voisinage de D dans M), alors D s'appelle *rétracte absolu* [resp. *rétracte absolu de voisinage* [2]].

Il existe dans R_3 : 1° *un rétracte absolu* A *de dimension* 2 *qui n'est pas la somme d'un nombre fini de continus différents de* A *et ayant le premier nombre de Betti nul;* 2° *un rétracte absolu de voisinage* B *de dimension* 2, *qui n'est pas la somme d'un nombre fini de continus ayant le premier nombre de Betti nul* [3].

Considérons dans R_3 un système x, y, t de coordonnées cartésiennes. Soit R_2 le plan $t=0$. Posons $z=x+iy$ et désignons par z le point $(x, y, 0)$, par (z, t) le point (x, y, t). Pour $z_1\neq z_2$, $0<\alpha<1/2|z_2-z_1|$, $\beta>0$, $\gamma\geqq 0$, $\eta=\pm 1$, posons

$$z'=z_2+\alpha\frac{z_2-z_1}{|z_2-z_1|},\qquad z''=z_2-\alpha\frac{z_2-z_1}{|z_2-z_1|};$$

$$V(z_1, z_2, \alpha)=\mathop{\mathbf{E}}_{z}[|z-z_1|\leqq\alpha]+\mathop{\mathbf{E}}_{z}[z=z_1+\vartheta(z_2-z_1);\ 0\leqq\vartheta\leqq 1];$$

$$W(z_1, z_2, \alpha)=\mathop{\mathbf{E}}_{z}[|z-z_1|\leqq\alpha]+\mathop{\mathbf{E}}_{z}[|z-z_2|=\alpha]+\mathop{\mathbf{E}}_{z}[z=z_1+\vartheta(z''-z_1);\ 0\leqq\vartheta\leqq 1];$$

$$Q(z_0, \gamma, \eta)=\mathop{\mathbf{E}}_{(z,t)}[|z-z_0|^2+(t-\eta\gamma)^2\leqq\gamma^2];$$

$$G(z_1, z_2, \alpha, \beta, \eta)=\mathop{\mathbf{E}}_{(z,t)}\left[(z, t)\in Q[z_0, \gamma(z_0), \eta];\ z_0\in V(z_1, z_2, \alpha);\ \gamma(z_0)=\beta\frac{|z_0-z_2|}{|z_1-z_2|+\alpha}\right],$$

$$H(z_1, z_2, \alpha, \beta, \eta)=\mathop{\mathbf{E}}_{(z,t)}\left[(z, t)\in Q[z_0, \gamma(z_0). \eta[;\ z_0\in W(z_1, z_2, \alpha);\ \gamma(z_0)=\beta\frac{|z_0-z'|}{|z_1-z'|+\alpha}\right];$$

$$S(z_1, z_2, \alpha, \beta, \eta)=G(z_1, z_2, \alpha, \beta, \eta)\,\overline{R_3-G(z_1, z_2, \alpha, \beta, \eta)}-\mathop{\mathbf{E}}_{z}[|z-z_1|<\alpha],$$

$$T(z_1, z_2. \alpha, \beta, \eta)=H(z_1, z_2, \alpha, \beta, \eta)\,\overline{R_3-H(z_1, z_2, \alpha, \beta, \eta)}-\mathop{\mathbf{E}}_{z}[|z-z_1|<\alpha].$$

---

(1) Séance du 2 juillet 1934.

(2) Comp. Borsuk, *Fund. Math.*, **17**, 1931, p. 152-171; **19**, 1932, p. 220-242.

(3) *Fund. Math.*, **20**, 1933, problème **53**, 1933, p. 285.

Soit $K = \mathop{E}\limits_{z}[|z| < 1]$. Désignons par Π la classe de toutes les lignes brisées, contenues dans K, qui sont des arcs simples. Soient $P \in \Pi$; $z_1, z_2, \ldots, z_{m+1}$ les sommets consécutifs de P; $0 < \alpha <$ minimum $1/2|z_i - z_{i+1}|$. Posons

$$W(P, \alpha) = \sum_{i=1}^{m-1} W(z_i, z_{i+1}, \alpha) + \overset{*}{V}(z_m, z_{m+1}, \alpha),$$

$$B(P, \alpha) = \sum_{i=1}^{m-1} \mathop{E}\limits_{z}[|z - z_i| < \alpha],$$

$$U(P, \alpha, \beta) = \sum_{i=1}^{m} U_i,$$

où l'on a

$$U_i = T[z_i, z_{i+1}, \alpha, \beta, (-1)^i] \quad \text{pour} \quad i \leqq m-1$$

et

$$U_m = S[z_m, z_{m+1}, \alpha, \beta, (-1)^m].$$

On peut déterminer $\sigma(P) > 0$, tel que pour $\alpha < \sigma(P)$, $\beta < \sigma(P)$, on a

(1) $$W(P, \alpha) \subset K;$$

(2) $$K - W(P, \alpha) \quad \text{est connexe;}$$

(3) $$U_i U_{i+1} = \mathop{E}\limits_{z}[|z - z_{i+1}| = \alpha] \quad (i = 1, 2, \ldots, m-1);$$

(4) $$U_i U_j = 0 \quad \text{pour} \quad |i - j| \geqq 2.$$

Rangeons en une suite (v'_k, v''_k) tous les couples de points rationnels situés dans K. Déterminons par induction les suites P_k, α_k, β_k $(k = 1, 2, \ldots)$, de manière à satisfaire aux conditions suivantes : 1° $P_k \in \Pi$; 2° $\alpha_k < \sigma(P_k)$, $\beta_k < \sigma(P_k)$; 3° la distance de deux sommets consécutifs de P_k est $\leqq 1/k$; 4° $[W(P_j, \alpha_j) + U(P_j, \alpha_j, \beta_j)][W(P_k, \alpha_k) + U(P_k, a_k, \beta_k)] = 0$, si $j \neq k$; 5° en désignant les extrémités de P_k par z'_k, z''_k, on a

$$|z'_k - v'_k| < \frac{1}{k}, \quad \text{si} \quad v'_k \in R_2 - \sum_{j=1}^{k-1} B(P_j, \alpha_j)$$

et

$$|z'_k - v'_k| < \alpha_j + \frac{1}{k} \quad \text{si} \quad v'_k \in B(P_j, \alpha_j),$$

$j > k$ et des inégalités analogues pour $|z''_k - v''_k|$. Posons

$$A = \overline{K} - \sum_{k=1}^{\infty} B(P_k, \alpha_k) + \sum_{k=1}^{\infty} U(P_k, \alpha_k, \beta_k),$$

A est un rétracte absolu. $AR_2 = M$ est homéomorphe à la courbe universelle de M. Sierpiński [1], et les (z'_k, z''_k) forment un ensemble dense par rapport au carré $M \times M$. Un sous-continu C de A, dont le premier nombre de Betti est nul et qui contient $\underset{z}{E}[|z - z'_k| = \alpha_k]$ contient $U(P_k, \alpha_k, \beta_k)$, donc z''_k. Donc si CM n'est pas non dense par rapport à M, alors $C \supset M$, donc $C = A$. C. Q. F. D.

On obtient B en identifiant les points $z = 1$ et $z = -1$ de A.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Tableaux ramifiés d'ensembles.* Note de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Hadamard.

Une famille F d'ensembles non-vides est dite *ramifiée* si les ensembles dont elle est composée sont *ou bien* deux à deux disjoints *ou bien* tels que l'un contiendra l'autre comme sous-ensemble proprement dit; si, en particulier, F ne contient aucun couple d'ensembles disjoints, elle est dite *monotone*. Si F contient une famille d'ensembles disjoints, R_0F, tels que tous les autres éléments de F en sont de vrais sous-ensembles, on dira que F possède une *première rangée d'éléments* constituée par R_0F. Si F aussi bien que chaque sous-famille $F' \subset F$ possèdent une première rangée, on dira que F est *tableau ramifié* d'ensembles; il sera désigné par T. Tout T peut être *bien rangé :* la rangée O de T, R_0T, est constituée par la première rangée de T; *la rangée* α *de* T, $R_\alpha T$ est constituée par la première rangée de $T - \sum_{\xi<\alpha} R_\xi T$. La borne supérieure des nombres α tels que $R_\alpha T \neq 0$ s'appelle *rang de* T; il sera désigné par γ ou γT. Les nombres $p\gamma$, $p\tau\gamma$ s'appellent resp. *longueur* et *longueur réduite de* T [2]. Si $X \varepsilon R_\alpha T$, $\alpha < \gamma$, on désignera par $f(X)$ l'ensemble de tous les $X' \varepsilon R_{\alpha+1} T$ tels que $X' \subset X$. Si $p f(X) > 1$ pour tout $X \varepsilon T - R_\gamma T$ on dira que T est *parfaitement ramifié*. Tout $X \varepsilon T$ tel que $pX > 1$ s'appelle *terme de* T. L'ensemble des termes de $R_\alpha T$ sera désigné par $\psi_\alpha T$. On posera $\psi T = \sum_\alpha \psi_\alpha T$, $m_\alpha T = p\psi_\alpha T$, $mT = p\psi T$. On désignera par $\psi_d T$ l'ensemble des $X \varepsilon \psi T$ et des $X' - X''$,

---

(1) *Prace mat. fiz.*, 27, 1916, p. 77.

(2) Le nombre-limite $\tau\gamma$ de γ est le plus petit nombre tel qu'il existe une $\tau\gamma$-suite de nombres croissants ayant γ pour borne supérieure; $p\gamma =$ puissance γ.

$X'' \subset X'$, $X' \varepsilon \psi T$, $X'' \varepsilon \psi T$. La borne supérieure des $m_\alpha T$ sera appelée *largeur de* T et désignée par $m'T$. S'il existe un $m_\alpha T$ tel que $m_\alpha T \geqq p\tau\gamma$ on dira que T est *large;* T est dit *étroit* si $m'T < p\tau\gamma$ et si de plus $m'T < \aleph_\beta$ dans le cas où $\tau\gamma = \omega_{\beta+1}$. Si T n'est ni étroit ni large, il est dit *ambigu.* Si $X \varepsilon T$ on désignera par $[X]_T$ ou $[X]$ le *tableau élémentaire* X *de* T qui est constitué par tous les éléments X', X'' de T tels que $X' \geqq X \geqq X''$. L'ensemble des X'' tels que $X'' \leqq X$ sera désigné par $[X, .]$ ou $[X, .]_T$.

Si [X] possède le même rang que T, X sera appelé *élément fondamental* de T. Si tout élément de T est fondamental, on dira que T est *suite ramifiée* d'ensembles. T étant un tableau ramifié on dira que T′ *traverse* T si $T' \subset T$ et si T′ contient un seul terme de chaque rangée de T. On dira que T *atteint* son rang si T peut être *traversé* par un tableau *monotone* T′.

Théorème fondamental. — *Soit* T *un tableau ramifié d'ensembles; si* ψT *est* infini, *il existe une famille* ψ' *d'ensembles deux à deux disjoints extraite de* $\psi_d T$ *et ayant la même puissance que* ψT. *Si de plus* T *est parfaitement ramifié, on peut exiger que* $\psi' \subset \psi T$.

Esquisse. — On peut supposer que $\psi T = T$. Soit $T = T_0 + T_1$, T_0 désignant l'ensemble de tous les $X \varepsilon T$ tel que $pf(X) = 1$. On peut supposer que $mT_0 < mT$, autrement il suffirait de poser $\psi' = \{X - f(X)\}$, $X \varepsilon T\, T_0$. On posera $T_1 = T_{10} + T_{11}$, T_{10} désignant l'ensemble de tous les $X \varepsilon T_1$ tels que $m(X, .)_{T_1} < mT_1 = mT$. On peut supposer que $mT_{10} < mT_1$, autrement il suffirait de considérer les $[X, .)_{T_{10}}$, X parcourant $R_0 T_{10}$, à partir desquels on peut construire ψ'. Si T_{11} est large, soit α tels que $m_\alpha T_{11} \geqq p\tau m T_{11}$; en considérant les $[X, .)_{T_{11}}$, $X \varepsilon R_\alpha T_{11}$, on peut construire ψ parce que $m(X, .)_{T_{11}} = mT_{11}$ pour tout X.

Soit $T_{11} = T_{110} + T_{111}$, T_{110} désignant tous les $X \varepsilon T_{11}$ tels que $\gamma(X, .)_{T_{11}} < \gamma T_{11}$. On peut supposer que $mT_{110} < mT_{11}$. Donc T_{111} est une suite parfaitement ramifiée (1). Il nous reste encore deux cas :

I. T_{111} est étroite. Ce cas n'est pas possible.

II. T_{111} est ambiguë : 1° γ *est inaccessible :* on peut supposer que $m_0 T_{111} \geqq \aleph_0 \leqq m_1 [X, .)_{T_{111}} < m_2[X, .) < \ldots < m_\alpha[X, .) < \ldots \to p\gamma$, pour tout $X \varepsilon T_{111}$. Alors il suffit de poser (descente diagonale)

$$\psi' = \{X_\alpha\}_{\alpha<\gamma}, \qquad X_0 \varepsilon R_0 T_{111}, \qquad X_\alpha \varepsilon R_\alpha\Big(T_{111} - \sum_{\xi<\alpha} (X_\xi, .)_{T_{111}}\Big).$$

2° $\gamma = \omega_{\beta+2}$ donc $m'T = \aleph_{\beta+1}$. On peut supposer que $m_\alpha T_{111} = m'T_{111}$

(1) Cf. N. Lusin, *Ensembles analytiques*, Paris, 1930, p. 178 et suiv.

et $p\,f(X) = m'T_{\iota+1}$ par tout $X \varepsilon T_{\iota+1}$ et tout $\alpha < \gamma$. Enfin, on effectue une descente diagonale.

3° $\gamma = \omega_{\beta+1}$, β étant de 2ᵉ espèce. Voir les deux cas précédents.

La descente diagonale peut être combinée avec la *descente verticale* où tous les X_α ne sont pas deux à deux disjoints.

Théorème. — *T étant une suite ramifiée d'ensembles, il existe une suite ramifiée T' traversant T et ayant le même rang que T.*

Problème. — *Quelles sont les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une suite ramifiée atteigne son rang?* ([1]).

Remarque I. — Les tableaux ramifiés entrent dans plusieurs questions sur les familles d'ensembles [cf. la notion du développement complet d'un ensemble ordonné dans mes Notes précédentes].

Remarque II. — Les éléments X de $F + \psi_d F$, pour certaines familles ramifiées F, peuvent servir comme *voisinages* de tout point $x \varepsilon X$; on arrive ainsi à une classe d'espaces abstraits qui se réduit aux ensembles ordonnés dans le cas où F est monotone et jouissant d'une certaine propriété.

Remarque III. — Les éléments d'un T peuvent être désignés par des indices comme dans la théorie des ensembles analytiques de Souslin-Lusin (voir la Note citée). Le schéma abstrait des T est le lien entre le discret (nombres ordinaux) et le continu (au point de vue de l'ordre).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Représentation des fonctions continues de plusieurs variables par des séries uniformément convergentes de fonctions polyharmoniques.* Note de M. **Miron Nicolesco**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit $f(M)$ une fonction du point M de l'espace à n dimensions, continue dans un domaine borné D de frontière F, pour lequel le problème de Dirichlet est résoluble avec des données continues sur F. On suppose en plus que D est étoilé, c'est-à-dire qu'il existe un point M_0 intérieur, tel que

---

([1]) Cf. ma Note (*Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1563) dans laquelle, dans l'énoncé I*b*, il faut ajouter « si T est étroit »; de même, dans II*e*, il faut lire « une borne supérieure » au lieu de « un maximum ».

Noter qu'une suite ambiguë n'atteint pas nécessairement son rang. En effet, M. N. Aronszajn a bien voulu me communiquer un exemple d'une suite ramifiée telle que : $\gamma = \omega_1$, $m_\alpha T = \aleph_0$, $p\,f(X) = \overline{\aleph}_0$ pour tout $X \varepsilon T$ et n'atteignant pas son rang.

toute demi-droite issue de ce point rencontre la frontière en un seul point. Alors :

A tout nombre $\varepsilon > 0$ *donné, correspondent un nombre naturel* ν *et une fonction* $u(M)$, *(poly-) harmonique d'ordre* ν *et régulière dans* D, *telle que l'on ait*

$$|f(M) - u(M)| < \varepsilon$$

quel que soit le point M *dans* D.

Telle est la proposition que je veux établir ici.

2. En vertu d'un théorème de E. Almansi [1], toute fonction $v(M)$, harmonique d'ordre ν et régulière dans un domaine étoilé tel que D, peut être développée de la manière suivante :

$$v(M) = h_0(M) + r^2 h_1(M) + \ldots + r^{2\nu-2} h_{\nu-1},$$

où $h_0, h_1, \ldots, h_{\nu-1}$ sont des fonctions harmoniques ordinaires (d'ordre *un*), régulières dans D, et $r = \overline{M_0 M}$. Cela étant, d'après le théorème d'approximation de Weierstrass, on peut trouver un polynome $\Pi(M)$, tel que l'on ait

$$|f(M) - \Pi(M)| < \frac{\varepsilon}{2},$$

uniformément dans D. Soit m son degré par rapport à l'ensemble des variables. Si l'on désigne par ν celui des deux nombres $m + 1/2$, $m + 2/2$ qui est entier le polynome en question est une fonction harmonique d'ordre ν. On peut donc le mettre sous la forme suivante :

$$\Pi(M) = \varphi_0(M) + r^2 \varphi_1(M) + \ldots + r^{2\nu-2} \varphi_{\nu-1}(M),$$

les φ_i étant des fonctions harmoniques d'ordre *un*, régulières dans D. Donnons-nous un nombre arbitraire $\eta > 0$, et considérons ν fonctions continues $\eta_0, \eta_1, \ldots, \eta_{\nu-1}$, définies sur F, inférieures en valeur absolue à η, à part cela absolument arbitraires.

Posons $\overline{\psi}_i = \overline{\varphi}_i + \eta_i$, $\overline{\varphi}_i$ étant la fonction à laquelle se réduit φ_i sur la frontière, et désignons par $\psi_0(M), \psi_1(M), \ldots, \psi_{\nu-1}(M)$ des fonctions harmoniques (d'ordre *un*), se réduisant sur F respectivement à $\overline{\psi}_0, \overline{\psi}_1, \ldots, \overline{\psi}_{\nu-1}$. On aura, évidemment,

$$|\psi_i(M) - \varphi_i(M)| > \eta$$

---

[1] *Sull'integrazione dell'equazione differenziale* $\Delta^{2n} = 0$ (*Annali di Matematica*, 3e série, 2, 1899, p. 1-51).

quels que soient i et le point M dans D. Je pose alors

$$u(M) = \psi_0(M) + r^2 \psi_1(M) + \ldots + r^{2\nu-2} \psi_{\nu-1}(M),$$

$u(M)$ est une fonction polyharmonique d'ordre ν, et si je détermine η par l'inégalité

$$\eta < \frac{\varepsilon(R^2-1)}{2(R^{2\nu}-1)},$$

R étant le maximum de r dans D, on aura

$$|u(M) - \pi(M)| < \frac{\varepsilon}{2},$$

d'où

$$|f(M) - u(M)| < \varepsilon,$$

ce qui démontre la proposition.

3. Si l'on donne à ε une suite de valeurs $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_i, \ldots$ telles que la série $\Sigma\varepsilon_i$ soit convergente, et que l'on désigne par $u_1, u_2, \ldots, u_i, \ldots$ les fonctions polyharmoniques d'approximation correspondantes, on aura

$$f(M) = \Sigma_i [u_{i+1}(M) - u_i(M)],$$

et la série du second membre est absolument et uniformément convergente dans D. On passe du cas d'un domaine borné à un domaine non borné (qui peut être tout l'espace), moyennant un artifice connu [1]; seulement, comme pour une variable, la série considérée, tout en continuant à être absolument convergente, ne convergera, en général, pas uniformément dans tout le domaine. La convergence ne sera uniforme que dans toute portion *finie* du domaine.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le problème de Burnside.* Note de M. **A. Kulakoff**, présentée par M. Hadamard.

W. Burnside a émis la supposition (1897) que les groupes d'ordre impair composé ne peuvent être simples. Le problème de Burnside a été l'objet de plusieurs travaux, qui nous portent à considérer l'hypothèse mentionnée comme très vraisemblable. Mais jusqu'ici on ne sait pas si elle est vraie dans le cas général. Nous venons établir ici un critérium de non-

(1) Voir, par exemple, E. Borel, *Leçons sur les fonctions de variables réelles* (*Collection Borel*, Paris, 1905, p. 51).

simplicité des groupes finis et, comme une conséquence, un critérium spécial pour les groupes d'ordre impair.

Soient G un groupe d'ordre g, p un diviseur premier de g tel que $(g, p-1)=1$. Désignons par P l'un des éléments d'ordre p de G, et par $\{P\}$ le sous-groupe cyclique, engendré par P. Frobenius a démontré que les éléments de $\{P\}$ ne sont pas conjugués entre eux. Soient $C_1 (=1)$, C_2, ... C_p les classes d'éléments conjugués de G, contenant les éléments $1, P, \ldots, P^{p-1}$ respectivement. Il est clair que le normalisant de chacun des éléments P, $P^2, \ldots, P^{p-1}$ est un et même sous-groupe N de G. Si donc l'ordre de N est égal à g/h, l'ordre de chacune des classes $C_2, C_3, \ldots, C_p$ est égal à h.

Supposons maintenant que p soit le plus petit diviseur premier de g. Alors on peut démontrer le théorème suivant :

Théorème I. — *Si les classes de* G, *contenant des éléments de* $\{P\}$, *se composent d'après la formule*

$$(1)\quad \sum_{i=2}^{p}\sum_{j=2}^{p} C_i C_j C_{i'} C_{j'} = h \sum_{i=2}^{p}\sum_{j=2}^{p} C_i C_j C_{(i+j-1)'} + h^2 \sum_{i=2}^{p} C_i C_{i'} \qquad (i+j-1) \not\equiv 1,$$

le groupe ne peut être simple; nous posons dans (1) : $(i+j-1) = i+j-1-p$ *ou* $i+j-1$, *suivant que* $i+j-1 > p$ *ou non.*

Soient $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_r$ toutes les représentations irréductibles de G. Les matrices de Γ_u, qui correspondent aux éléments de $\{P\}$, constituent un groupe, que nous désignerons par $\Gamma_{u,P}$. Nous pouvons écrire

$$\Gamma_{u,P} = \sum_{v=1}^{p} k_{uv}\gamma_v,$$

où $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_p$ sont toutes les représentations irréductibles de $\{P\}$. Je dis maintenant que toutes les fois que $k_{uv} > 0$ et $k_{uw} > 0$, on a $k_{uv} = k_{uw}$. Pour démontrer cela, il faut évidemment et il suffit de faire voir que

$$(2)\quad \sum_{v=1}^{p}\sum_{w=1}^{p}(k_{uv}-k_{uw})^2 k_{uv} k_{uw} = 0 \qquad (u = 1, 2, \ldots, r).$$

On démontrera (2), en se servant de la relation connue [1]

$$pk_{uv} = \sum_{R} X^{u}_{R^{-1}} \psi^{v}_{R},$$

ainsi que du théorème mentionné de Frobenius.

[1] W. Burnside, *Theory of groups of finite order*, 1911, p. 331.

Remarquons maintenant qu'il existe toujours [1] des représentations irréductibles de G distinctes de Γ_1, dont les degrés ne sont pas divisibles par p. Soit $\Gamma_u (u > 1)$ l'une de ces représentations. Comme toutes les représentations irréductibles du groupe abélien $\{P\}$ sont de degré 1, nous aurons, d'après ce qui précède $X_1^u = \sum_{\nu=1}^{p} k_{u\nu} = k_u \sigma_u$, où σ_u est le nombre de toutes les composantes irréductibles de $\Gamma_{u,P}$. Il est aisé de voir que $\sigma_u = 1$. En effet, supposons le contraire, soit $\sigma_u > 1$. X_1^u, un diviseur de g, ne peut être divisible par un nombre qui est à la fois plus grand que 1 et plus petit que p. Donc l'inégalité $\sigma_u > 1$ entraîne $\sigma_u = p$, en sorte que X_1^u est divisible par p contre l'hypothèse.

Ainsi $\sigma_u = 1$. Si donc $\Gamma_{u,P} < \Gamma_u$, G a un diviseur normal, contenant P et, si $\Gamma_{u,P} = \Gamma_u$, le commutant du groupe G est distinct de lui-même. Le théorème est donc démontré.

Supposons maintenant que G_{2n+1} soit un groupe d'ordre impair composé. Alors a lieu le théorème suivant :

Théorème II. — *Si les classes de* G_{2n+1}, *contenant des éléments de* $\{P\}$, *se composent d'après la formule*

$$(3)\qquad C_i C_j = h C_{(i+j-1)} \qquad (j \neq i',\ i > 1,\ j > 1),$$

le groupe ne peut être simple.

En effet, nous aurons, d'après (3),

$$(4)\qquad \sum_{i=2}^{p}\sum_{j=2}^{p} C_i C_j C_{i'} C_{j'} = \sum_{i=2}^{p}\sum_{j=2}^{p} C_i C_j [h C_{(i'+j'-1)}] = h \sum_{i=2}^{p}\sum_{j=2}^{p} C_i C_j C_{(i+j-1)'}$$
$$(l + j - 1) \neq 1.$$

En remarquant ensuite que dans un groupe d'ordre impair $C_i \neq C_{i'}$ $(i \neq 1)$, et que p est un nombre impair, nous aurons

$$(5)\qquad \sum_{i=2}^{p} C_i C_{i'} C_{i'} C_i = \sum_{i=2}^{p} C_i C_i C_{i'} C_{i'} = \sum_{i=2}^{p} [h C_{(2i-1)}][h C_{(2i'-1)}]$$
$$= h^2 \sum_{i=2}^{p} C_{(2i-1)} C_{(2i-1)'} = h^2 \sum_{i=2}^{p} C_i C_{i'}.$$

Or, de (4) et (5) s'ensuit (1), donc notre théorème est démontré.

---

[1] W. Burnside, *loc. cit.*, p. 323.

La condition du théorème II équivaut à celle-ci que les éléments P^{i+1} et $PQ^{-1}P^{i}Q$, où $i \neq 1$, $i \neq 0$ et P, Q parcourent {P} et G respectivement (¹), soient conjugués entre eux. Tout revient donc à la considération d'un groupe $G' = \{P, Q\}$ d'ordre impair g', engendré par deux éléments P et Q d'ordres respectifs p et k, où p est le plus petit diviseur premier de g'.

MÉCANIQUE. — *Le roulement avec glissement.*
Note de M. **Robert Lévi**, présentée par M. Henri Villat.

Lorsqu'entre deux solides S et S′ roulant l'un sur l'autre, s'exerce un effort oblique, la composante tangentielle F de cette force produit une déformation locale de chaque solide, qui se traduit par une distorsion de ses fibres superficielles aux abords de l'aire de contact.

La pression qui s'exerce en chaque point tant qu'il est couvert par l'aire de contact tend à maintenir la distorsion existant à la limite avant de cette aire et, par conséquent, les surfaces par lesquelles s'appliquent S et S′ sont déformées; il y a mouvement relatif des points de l'aire de contact par rapport à S et S′.

La force F ajoute ainsi au mouvement relatif de S et S′ un mouvement assimilable à un glissement et, d'après les idées courantes, ce pseudo-glissement serait proportionnel à la force F.

Or, en étudiant le mouvement des véhicules sur voie ferrée, nous avons constaté que cette loi de proportionnalité avait un champ d'application restreint et nous lui avons substitué une loi hyperbolique qui se justifie comme suit :

Si une force F appliquée à un solide S produit un déplacement toujours dans le même sens, au travail de cette force doit correspondre une dissipation d'énergie que l'on ne peut trouver dans les phénomènes de déformation tant qu'ils sont élastiques. Cette dissipation se produit nécessairement au contact des deux corps sous forme d'un glissement véritable avec frottement, affectant tout ou partie de l'aire de contact, d'une manière permanente ou par intervalles.

Le déplacement U de S par rapport à S′ qui est produit par la force F est donc la somme des déplacements élastiques u et u' et d'un déplacement de glissement u_g.

(¹) On exclut l'unité du groupe.

Prenons pour ces quantités les valeurs moyennes de leur projection sur F pendant un déplacement, dans le sens du roulement, égal à l'unité.

Si les déformations locales sont proportionnelles aux forces, on a

$$u + u' = \frac{F}{f}, \qquad \Phi u_g = FU,$$

f étant un coefficient constant, et Φ étant la force de frottement, d'où

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{fU} + \frac{1}{\Phi}.$$

Nous avons vérifié cette loi hyperbolique dans le cas d'une force F perpendiculaire au roulement, en soumettant à des efforts variables dans son axe, un rouleau cylindrique fortement pressé sur une roue en forme de tore qui tournait autour d'un axe parallèle au rouleau et en observant la longueur du pas des hélices décrites par celui-ci. La concordance avec la formule ci-dessus est satisfaisante à 10 pour 100 près jusqu'à un effort assez voisin de Φ.

De toute manière, la dérivée dF/dU, qui caractérise la résistance au glissement supplémentaire, décroît très rapidement lorsque U augmente. Par exemple, la résistance au pivotement horizontal du groupe des essieux moteurs d'une locomotive est fortement altérée par la circulation en courbe qui astreint déjà la machine à un pivotement considérable. La réduction par rapport à la résistance en alignement peut dépasser 95 pour 100 pour les machines à grand empattement.

Celles-ci sont donc particulièrement sujettes, en courbe, à pivoter dans la voie, si les liaisons de leur châssis principal avec leur bogie et leur bissel ne les assujettissent pas suffisamment à conserver une direction fixe par rapport à la voie.

CINÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un engrenage d'angle à couples d'emboîtement.* Note de M. **F. E. Myard**, présentée par M. d'Ocagne.

Lorsque deux axes concourants sont trop inclinés l'un sur l'autre (angle droit, et à plus forte raison, angle aigu) aucun joint actuel de transmission à couples d'emboîtement ne peut réellement assurer la liaison rotative entre ces deux axes.

Or nous allons indiquer, ici, une solution qui, n'employant que des

couples d'emboîtement, permet de lier, par transmission directe, deux axes concourants de rotation lorsque ceux-ci font entre eux un angle arbitraire relativement petit (90°, par exemple, ou beaucoup moins).

Ainsi, cette étude cinématique va montrer l'existence possible d'un engrenage d'angle à couples d'emboîtement, dans le cas où le rapport des vitesses angulaires est égal à l'unité.

Comparé aux engrenages coniques classiques, ce nouvel engrenage a les caractères marqués suivants :

a. les contacts se font par surfaces d'appui (au lieu d'être linéaires ou ponctuels);

b. les chocs sont mathématiquement nuls (entre les surfaces conjuguées) à chaque réattaque, c'est-à-dire reprise de contact;

c. un même système peut être monté suivant n'importe quel angle entre les deux axes;

d. les deux éléments en prise peuvent s'approcher ou s'éloigner durant le mouvement, sous réserve que le plan de symétrie soit maintenu.

Avant d'exposer la solution, rappelons que le joint universel de Myard comporte deux couples rotoïdes liés par un couple plan, ce dernier pouvant être matérialisé, en particulier, par un tenon coulissant dans une mortaise.

L'engrenage en question sera donc formé par un nombre pair de joints universels de Myard, avec la condition d'homocinétisme respectée (plan de symétrie), — les couples rotoïdes (dont les axes, uniformément répartis en étoile, et suivant le même nombre pair sur chaque arbre à lier, sont perpendiculaires audit arbre) étant tels que les pivots diamétralement opposés (donc, centrés sur le même axe géométrique) se trouvent réunis rigidement l'un à l'autre. Autrement dit, les pivots en regard étant accouplés par paires, et solidarisés deux à deux.

Donc, juste au moment où un tenon et sa mortaise conjugués se séparent, le plan moyen de chacun d'eux est incliné d'un certain angle sur l'arbre respectif correspondant — angle qui est égal et opposé à l'angle que chacune de ces deux pièces a fait, pareillement, avec son arbre correspondant au moment où s'était produit, inversement, la prise de contact.

Donc, par raison de symétrie, chaque tenon et chaque mortaise qui se quittent laissent rigoureusement le tenon et la mortaise diamétralement opposés à chacun d'eux dans des conditions telles qu'à la réattaque ces derniers se présenteront suivant le même plan moyen de glissement.

Par conséquent, il y aura reprise de fonctionnement normal du joint élémentaire intéressé (durant un certain angle de pivotement des deux

arbres à lier), puis du joint élémentaire suivant, et ainsi de suite — ces diverses actions, par leur chevauchement, assurant, ainsi, la continuité de transmission.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Propagation d'un train d'ondes périodiques à la surface de l'eau.* Note de M. **Jean Baurand**, transmise par M. A. Cotton.

La propagation d'un train limité d'ondes sinusoïdales dans un milieu élastique doué de dispersion, s'effectue avec déformation du train. On est alors conduit à considérer, pour un tel train, plusieurs vitesses de propagation :

1° vitesse de phase d'une onde, ce qui suppose la fréquence parfaitement bien définie.

2° vitesse d'un groupe d'ondes. En admettant que le groupe résulte de la superposition de deux ondes de fréquences voisines, cette vitesse est donnée par la formule de Rayleigh-Gouy.

3° vitesse de propagation de l'avant et de l'arrière du train d'ondes; ainsi que l'indique L. Brillouin (1), cette vitesse est assez difficile à définir puisqu'elle dépend de la sensibilité du récepteur d'ondes : on déterminera une vitesse plus ou moins grande suivant que l'on utilisera un récepteur plus ou moins sensible. C'est ici que l'on rangera la vitesse de signal, si l'on peut lui donner une définition assez précise.

Dans un milieu non dispersif, toutes ces vitesses sont identiques; dans un milieu dispersif, les vitesses de phase et de groupe s'écartent d'autant plus que la dispersion est plus grande; la formule de Rayleigh-Gouy a été vérifiée, tout au moins en première approximation, en ce qui concerne la vitesse de la lumière par les mesures de Michelson; moi-même l'ai vérifiée pour des ondes de gravité se propageant à la surface de l'eau. Je me suis proposé de chercher s'il est possible de mesurer une vitesse de signal pour des ondes capillaires à la surface de l'eau, ondes pour lesquelles la dispersion est grande. Malheureusement, on peut prévoir que la définition de cette vitesse sera peu précise par suite de l'amortissement rapide de ces ondes pendant leur propagation, qu'elles soient circulaires ou rectilignes.

---

(1) *Propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux matériels* (*Congrès international d'Électricité*, Paris, 1932, p. 15).

Production d'un train d'ondes limité. Les ondes sont produites par les oscillations d'un cylindre faiblement immergé dans l'eau. Ce cylindre est fixé à l'extrémité d'une lame d'acier au cobalt aimantée, qui se déplace entre les pôles d'un électro parcouru par le courant du secteur. Le courant est envoyé dans l'électro par un relais intercalé dans le circuit plaque de l'une des deux lampes d'un multivibrateur « remis à l'heure » par le secteur. Ce procédé rend très commode les réglages de la durée d'oscillation de la lame, de l'intervalle des trains d'ondes et du profil initial du train. La lame vibrante porte un disque pouvant être plus ou moins immergé dans des liquides de viscosités différentes, ce qui permet de faire varier l'amortissement et les profils initial et final du train. La lame étant mise en résonance sur le secteur, le train est formé d'un petit nombre d'ondes dont l'amplitude augmente plus ou moins rapidement, reste constante, puis décroît.

Les expériences ont porté jusqu'ici uniquement sur des ondes de fréquence 50; les formules de Kelvin donnent pour cette fréquence une longueur d'onde $\lambda = 0^{cm},585$ et une vitesse de phase $V = 29,5$ cm/sec :

1° la vitesse de propagation des creux et crêtes du train se mesure facilement avec une erreur d'environ 2 pour 100; la moyenne de nombreuses mesures donne V compris entre 28,5 et 29,5 cm/sec et λ entre 0,57 et $0^{cm},59$, ce qui vérifie la formule de Kelvin.

2° pour $N = 50$, la vitesse de groupe donnée par la formule de Rayleigh-Gouy et calculée à partir de celle de Kelvin est de 41,3 cm/sec. Dans certains cas, la vitesse de l'arrière du train peut être mesurée avec quelque précision, du moins tant que l'amortissement des oscillations de la lame est assez rapide. Cette vitesse est d'environ 38 cm/sec, nettement inférieure à la vitesse de groupe.

La vitesse de l'avant du train est moins bien définie; on peut, dans la plupart des cas mesurer deux vitesses entre lesquelles se trouve la vitesse de signal. Ces vitesses augmentent avec l'amortissement des oscillations de la lame et avec leur amplitude. Elles ont pour valeur 46 et 43,5 cm/sec pour les ondes d'assez grande amplitude très rapidement amorties 40 et 38 cm/sec pour les ondes faiblement amorties et d'amplitude plus petite.

Ces résultats ne mettent en évidence qu'une différence nette entre les vitesses de l'avant et de l'arrière du train. Les résultats d'expériences sur des ondes de plus courte longueur permettront sans doute de préciser ces conclusions.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode de mesure des tensions statiques, telles que la tension de charge d'un condensateur, dans le cas de tensions supérieures à 0,1 volt et à l'aide d'un appareil transportable n'utilisant qu'un voltmètre comme appareil de mesure.* Note (1) de M. **Henri Subra**, présentée par M. Ch. Fabry.

La méthode de mesure décrite dans cette Note permet de mesurer, avec plus de facilité et de précision qu'avec un électromètre, les tensions électriques ne pouvant être mesurées à l'aide d'appareils dynamiques; par exemple, mesure de la tension à laquelle se trouve chargé un condensateur et, comme application, mesure du taux de modulation d'une onde électromagnétique.

Le principe de la mesure repose sur les points suivants :

1° utilisation d'un condensateur C que l'on charge avec la source de tension inconnue V_0 (position 1 du commutateur);

2° opposition au condensateur (position 2 du commutateur) d'une f. e. m. réglable P montée en série avec une résistance R suffisamment élevée pour ne permettre qu'une décharge (ou charge) extrêmement lente du condensateur C;

3° mise en évidence par un relais à lampes à trois électrodes du léger courant qui prend naissance dans la résistance R par suite de l'inégalité entre les tensions opposées V_0 et P. Ce léger courant produit des variations de signe contraire des potentiels des grilles G et G′, variations accusées par le déplacement de l'aiguille d'un milliampèremètre différentiel M placé dans le circuit des plaques;

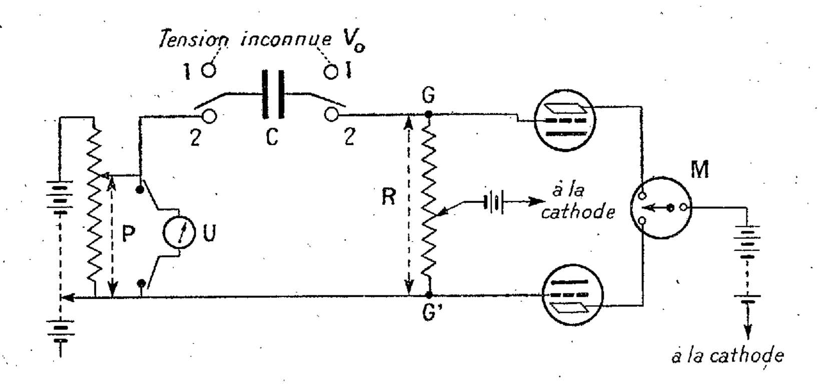
4° annulation de ce léger courant par l'ajustage de la f. e. m. P à une valeur P_1 ramenant l'aiguille du milliampèremètre M à sa position initiale;

5° Mesure de la f. e. m. P_1 à l'aide d'un voltmètre électromagnétique U.

La tension P_1 mesurée au voltmètre donne la valeur de la tension V du condensateur au moment où l'équilibre est réalisé. La tension initiale inconnue V_0 du condensateur diffère de V d'une quantité d'autant plus faible que le produit CR est plus grand, que le temps nécessaire à la recherche de l'équilibre est plus faible et que la f. e. m. initialement opposée P_0 est plus voisine de V_0. Par exemple pour les valeurs $V_0 = 5$ volts,

(1) Séance du 2 juillet 1934.

$P_0 = 2$ volts, $R = 12$ mégohms, $C = 10$ microfarads, le calcul montre qu'au bout de 2 secondes à partir de la fermeture de l'interrupteur 2, durée suffisante pour la recherche de l'équilibre, la tension du condensateur est passée de la valeur $V_0 = 5$ volts à la valeur $V = 4,95$ volts; si c'est néces-



saire, une répétition de la mesure après recharge du condensateur à la tension à mesurer V_0 et avec cette fois-ci une valeur de P_0 très voisine de V_0 augmente la précision; par exemple, avec $V_0 = 5$ volts et $P_0 = 4,8$ volts, la tension v du condensateur au bout de 2 secondes est de $4,99$ volts.

La réalisation d'un montage symétrique à deux lampes est nécessaire de façon à compenser entre elles les tensions parasites qui apparaissent dans la résistance R par suite du débit, même très faible, des grilles G et G'. La prise médiane de la résistance R est ajustée de façon qu'il n'existe pas de différence de potentiel entre les points G et G' lorsque les contacts 2 sont ouverts : cette condition est réalisée lorsque la mise en court-circuit des points G et G' ne produit aucun déplacement de l'aiguille milliampèremètre M.

La précision de la mesure est d'autant meilleure :

a. que l'équilibrage des tensions parasites dues aux courants de grille est meilleur;

b. que le condensateur C a une plus grande capacité et une plus grande résistance d'isolement;

c. que la pente des lampes utilisées est plus élevée;

d. que le milliampèremètre repère M est plus sensible;

e. que la mesure de la tension P à l'aide du voltmètre U est plus précise.

La fidélité dans le temps de cet appareil de mesure dépend uniquement de celle du voltmètre U. La limite inférieure des tensions mesurables est

déterminée par la pente des lampes utilisées et par la sensibilité du milliampèremètre M.

Plusieurs séries de mesures ainsi effectuées (¹) sur un condensateur initialement chargé à l'aide d'une source d'énergie, dont la tension pouvait être mesurée à l'aide du même voltmètre électromagnétique U, ont permis de déterminer l'ordre de grandeur de l'erreur inhérente au principe de cette méthode de mesure; elle est de 20 à 30 pour 100 pour les tensions voisines de 0,1 volt, de 3 à 6 pour 100 pour les tensions voisines de 0,5 volt, de 1,5 pour 100 pour les tensions voisines de 2 volts, de 0,5 pour 100 pour les tensions voisines de 5 volts; à partir de 10 volts, la part d'erreur due au principe de la méthode devient très inférieure à celle qui entache la mesure courante de la tension dynamique P_1 à l'aide du voltmètre électromagnétique U.

MAGNÉTISME. — *L'aimantation* idéale *d'un cristal de fer.* Note de M. **Stephan Procopiu**, transmise par M. A. Cotton.

On désigne par le nom d'aimantation idéale, l'aimantation acquise par une substance ferromagnétique, lorsqu'à un champ constant on superpose un champ magnétique alternatif, d'amplitude décroissante jusqu'à zéro. L'aimantation idéale est généralement plus grande que l'aimantation ordinaire, pour le même champ magnétisant.

Les expériences de W. Gerlach (²) ont pourtant montré que l'aimantation idéale d'un *cristal unique de fer* n'est pas bien différente de son aimantation ordinaire. Gerlach a trouvé en outre, que le champ coercitif d'un cristal de fer, pour un cristal très pur, doit tendre vers zéro.

Je veux montrer que le résultat des expériences de Gerlach sur l'aimantation idéale est une conséquence du fait que le champ coercitif d'un cristal de fer tend vers zéro.

En effet j'ai montré (³) qu'entre l'intensité d'aimantation ordinaire $\mathcal{J}_0$

(¹) Les valeurs des éléments du montage utilisé pour effectuer ces mesures étaient les suivantes : C = 10 microfarads (isolement, 40 mégohms). R = 12 mégohms. Pente des lampes, 3 mA par volt. Résistance totale du potentiomètre d'opposition, P : 400 ohms. Résistance interne du voltmètre U pour les petites tensions, 5000 ohms.

(²) *Z. S. f. Physik*, 64, 1930, p. 504.

(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1976. Voir encore *Journ. de Phys.*, 7ᵉ série, 5, 1934, p. 199.

pour le champ constant H, l'intensité d'aimantation idéale $\mathcal{J}_m$, et l'intensité d'aimantation alternative $\mathcal{J}$ sous le champ alternatif superposé d'amplitude h, il existe les relations

$$\mathcal{J}_0 = \mathcal{J}_m e^{-\frac{\pi}{4}\frac{H_c^2}{H^2}} \tag{1}$$

et

$$\mathcal{J} = \mathcal{J}_m e^{-\frac{\pi}{4}\frac{(h-H_c)^2}{H^2}}. \tag{2}$$

En tenant compte de la relation générale $\mu = 1 + 4\pi\chi$, et en désignant par μ la perméabilité magnétique ordinaire, par μ' la perméabilité idéale et μ'' la perméabilité alternative, la relation (1) permet d'écrire

$$\mu' - 1 = (\mu - 1)\, e^{\frac{\pi}{4}\frac{H_c^2}{H^2}}, \tag{3}$$

et, en divisant (2) par (1), on obtient

$$\mu'' - 1 = (\mu - 1)\, e^{\frac{\pi}{4}\frac{h(2H_c-h)}{H^2}}. \tag{4}$$

L'expression (3) nous indique que la perméabilité idéale μ' ne diffère pas de μ, lorsque H_c tend vers zéro. Le champ coercitif H_c tend vers zéro dans deux cas : près du point de Curie et dans le cas d'un cristal de fer. Dans ces cas la valeur de l'aimantation idéale ne diffèrera pas de l'aimantation ordinaire, ce qui est d'accord avec les expériences de Gerlach.

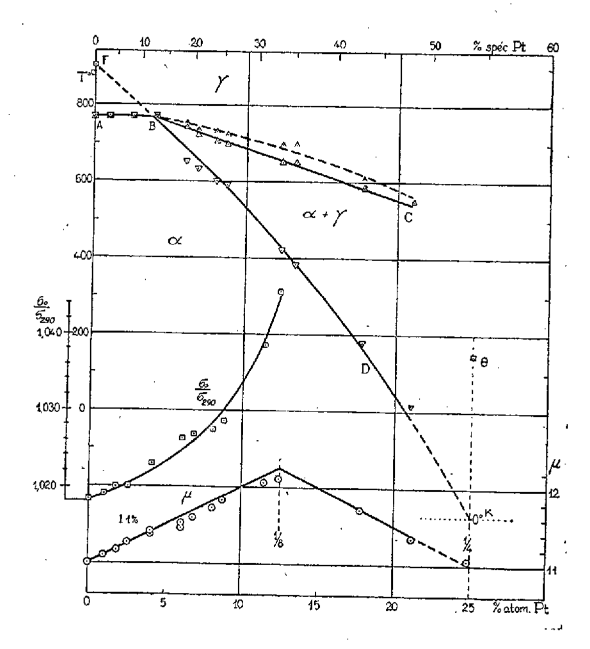
L'expression (4) nous indique que la perméabilité μ'', sous champ alternatif superposé, croît par rapport à la perméabilité ordinaire μ, lorsque le champ alternatif croît depuis zéro, arrive à un maximum pour $h = H_c$, décroît ensuite et pour $h > 2H_c$ a une valeur au-dessous de la valeur de la perméabilité μ. Dans le cas d'un cristal de fer, par suite de la faible valeur de H_c (entre 0,05 et 0,2 gauss) la perméabilité μ'', dès le début, est plus petite que μ : l'aimantation alternative est plus petite que l'aimantation ordinaire, quel que soit h.

En résumé, les valeurs de l'aimantation idéale et de l'aimantation alternative d'un cristal de fer sont une conséquence de la petitesse de son champ coercitif, et peuvent être tirées des expressions des perméabilités idéale et alternative données par les formules (3) et (4).

MAGNÉTISME. — *Les alliages fer-platine. Point de Curie et moments magnétiques.* Note de M. **Maurice Fallot**, transmise par M. Pierre Weiss.

Le fer et le platine font des solutions solides à toutes températures et dans tout l'intervalle de 0 à 100 pour 100 Pt [1], mais avec des transformations de nature encore mal connue.

1° *Les Points de Curie.* — De 0 à 3,7 pour 100 atom., le Point de Curie est exactement celui du fer, soit 770°. Ces alliages sont parfaitement réversibles (courbe AB de la figure).



Les alliages plus riches en platine jusqu'à 25 pour 100 atom. sont irréversibles. La transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ [2] (courbe BC) est d'autant plus élevée au-dessus de la transformation inverse $\gamma \rightarrow \alpha$ (courbe BD) que le titre dépasse davantage 3,7 pour 100. La ligne AB représente les Points de Curie jusqu'à 3,7 pour 100; pour les titres supérieurs, les Points de

(1) E. Isaac et G. Tammann, *Z. S. anorg. Chem.*, 55, 1907, p. 63.

(2) J'appelle état α celui du cube centré, état γ celui du cube à faces centrées. L'un et l'autre sont ferro- ou paramagnétique suivant que leur température est au-dessous ou au-dessus des Points de Curie respectifs.

Curie ne sont pas observables directement, la perte du ferromagnétisme ayant lieu auparavant par la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$.

La courbe BD représentant la transformation allotropique aux températures décroissantes se prolonge par continuité jusqu'au point $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ (point F) du fer pur. Il n'en est pas de même de la courbe de transformation aux températures croissantes.

La transformation allotropique *tant qu'elle se fait à partir d'une substance qui n'est pas spontanément aimantée* obéit donc à une même loi régulière, représentée par la courbe continue FBD : de F à B pour la transformation dans les deux sens, et de B à D pour la transformation aux températures décroissantes seulement.

Quand, au contraire, la substance est spontanément aimantée en atteignant la ligne FBD, la transformation régulière est retardée jusqu'à ce que l'aimantation ait cessé d'exister avec une intensité notable. En effet, bien que la courbe représentant, dans la région α, l'aimantation en fonction de la température soit quelque peu tronquée à la température de transformation allotropique, on peut déterminer le Point de Curie par une extrapolation assez sûre; il est situé (ligne en traits interrompus) en moyenne à une vingtaine de degrés seulement au-dessus de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$.

Il semble donc que le *champ moléculaire de Weiss* [ou dans le langage de M. R. Forrer (1) le réseau électronique d'orientation] *stabilise l'état* α et le fasse persister à des températures où la substance, en son absence, serait à l'état γ.

2° *Les moments atomiques.* — La variation du moment atomique moyen des alliages α, exprimé en magnétons expérimentaux de Weiss, est représentée à la partie inférieure de la figure.

Le moment atomique moyen augmente lorsqu'on ajoute du platine au fer. Le fait est rare et n'avait encore été rencontré que dans les alliages fer-cobalt, fer-nickel et nickel-manganèse. Il est unique pour le fer allié à un élément non ferromagnétique.

La valeur maxima du moment atomique moyen est à 12,5 pour 100 de platine. Elle est de 10 pour 100 plus élevée que celle de l'atome de fer, donc comparable au moment atomique moyen atteint dans les ferrocobalts, entre 25 et 30 pour 100 de cobalt, qui est de 11 pour 100 plus élevé que celui du fer.

---

(1) *J. Phys.*, 7, 1933, p. 186.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *L'émission photoélectrique des couches d'arrêt et la relation d'Einstein.* Note de M. **Georges Liandrat**, transmise par M. A. Cotton.

La possibilité d'étendre à l'émission photoélectrique d'un semi-conducteur, à travers une couche d'arrêt, la loi fondamentale de l'émission photoélectrique des métaux dans le vide, a été admise par divers auteurs [1]. Mais, à cet égard, toute vérification quantitative manquait, et j'ai montré récemment [2] qu'il était vain de rechercher des vérifications qualitatives, en se basant, comme on l'avait fait, sur une série d'hypothèses gratuites, sans tenir compte notamment de l'effet de photo-conductivité de la couche d'arrêt.

J'ai repris les déterminations de caractéristiques complètes, mais en éclairant le photo-élément au moyen d'un flux monochromatique *modulé*. Avec une cellule au sélénium du type Bergmann-Bernheim, le courant *secondaire* de photo-conductivité est éliminé, par suite de son inertie, dès que la fréquence de modulation dépasse 200 à 300 hertz. Il est facile d'isoler, au moyen d'un amplificateur à basse fréquence, la partie alternative, qui ne se compose plus que du courant de photo-émission et d'un courant de photo-conductivité très affaibli, présentant tous les caractères du courant *primaire* (suivant la terminologie de Gudden et Pohl). Le courant de photo-émission est bien, comme on l'attendait, « freiné » par une différence de potentiel antagoniste; il disparaît à partir d'une certaine différence de potentiel V_{max}, indépendante de l'intensité et de la fréquence de modulation de l'éclairement. Il ne reste plus ensuite que le courant primaire de photo-conductivité, proportionnel à l'éclairement et à la différence de potentiel, et par conséquent représenté par une caractéristique rectiligne, issue de l'origine des axes. La valeur de V_{max} est fournie par le raccordement de la courbe à cette droite. Le coefficient angulaire de la droite d'Einstein :

$$e\,V_{max} = h(\nu - \nu_0)$$

fournit, pour la constante h, des valeurs comprises entre 6,3 et $6,5 \times 10^{-27}$ c.g.s.

---

(1) E. Perucca et R. Deaglio, *Zeits. für Phys.*, **72**, 1931, p. 102-115; F. Körösy et P. Selényi, *Ann. der Phys.*, **13**, 1932, p. 703-724; *Phys. Zeits.*, **34**, 1933, p. 716-718.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1028; *Journ. de Phys.*, **5**, 1934, p. 179.

Manquant de bonnes mesures suffisamment proches de la fréquence limite ν_0, c'est-à-dire dans le rouge extrême, j'ai déterminé directement ν_0 par la méthode de Richardson-Suhrmann, relative à l'émission photoélectrique totale sous l'action du rayonnement du corps noir à diverses températures. En utilisant la formule en T^4, comme le fait Suhrmann dans le cas des métaux, le point obtenu vient se placer convenablement à l'origine de la droite d'Einstein. Il correspond à un seuil compris entre 7900 et 8100 A.

Du côté des potentiels accélérateurs, on n'observe pas de saturation, ce qui ne peut guère être attribué au courant de photo-conductivité. La discussion des résultats expérimentaux, telle qu'elle sera donnée ultérieurement, montre qu'il s'agit d'un effet Schottky.

SPECTROSCOPIE. — *Recherche des métaux alcalins dans les eaux naturelles.* Note de M. **R. Bossuet.**

Le but de ce travail a été d'appliquer aux eaux naturelles notre procédé de recherche de traces des métaux alcalins par la spectrographie (1).

L'eau concentrée est traitée par une solution de baryte. Dans la liqueur filtrée, additionnée de chlorure d'ammonium, on élimine le baryum en excès et le calcium par le carbonate d'ammonium. Après évaporation de la liqueur filtrée on volatilise le chlorure d'ammonium. Les chlorures alcalins sont repris par très peu d'eau et la solution concentrée est additionnée d'acide chlorhydrique pur qui précipite le chlorure de sodium. Les petites quantités de rubidium et de cæsium restent en solution avec le lithium et le potassium. L'eau mère est concentrée, et les dernières gouttes sont utilisées pour l'examen spectrographique.

L'essai rapide peut se faire directement sur les résidus concentrés. On traite par l'alcool et on évapore la solution décantée. Les deux résidus secs sont ensuite spectrographiés. Nous avons pu déceler ainsi les cinq métaux alcalins sur de faibles prises d'eaux minérales.

On peut encore rechercher les métaux alcalins rares en les précipitant avec le potassium par le nitrite de cobalt et de sodium en milieu acétique (2). Les cobaltinitrites alcalins sont recueillis et spectrographiés. La transformation en chlorure est souvent inutile.

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 469.

(2) Voir notamment M. P. Robin, *J. Pharm. Chim.*, 18, VIII, 1933, p. 384

Nous avons analysé un certain nombre d'échantillons en limitant les prises à 1000^{cm^3}. Voici les résultats obtenus :

I. — Sources dans lesquelles ont été décelés les cinq métaux alcalins.
(Prise maximum 1000^{cm^3}.)

Pyrénées (Sources en relation avec la zone primaire axiale. Sources triasiques et salines) :

Sulfurées sodiques (terrains granitiques). — Amélie-les-Bains (Chomel); La Preste (Apollon); Le Vernet; Molitg (Llupia, n° 1); Graus-d'Olette; Les Escaldes (Colomer); Mérens; Ax-les-Thermes (Viguerie); Bagnères-de-Luchon (Bayen-Reine); Bagnères-de-Bigorre (Labassère); Barèges; Saint-Sauveur; Cauterets (La Raillère, les Œufs, Mauhourat, Petit Saint-Sauveur); Eaux-Bonnes (Source Vieille); Eaux-Chaudes.

Bicarbonatées sodiques. — Le Boulou (Source Boulou).

Bicarbonatées mixtes. — Alet (Communale).

Sulfatées calciques. — Bagnères-de-Bigorre (Salies).

Eaux mères des Chlorurées fortes (gîtes salifères). — Salies-du-Salat; Salies-de-Béarn (Bayaa); Dax; Biarritz-Briscous.

Alpes (Sources en relation avec les terrains triasiques et des terrains divers) :

Chloro sulfatées. — Brides; Saint-Gervais.

Chloro sulfureuses. — Allevard; Uriage.

Sulfureuses. — Aix-les-Bains (Soufre-Alun); Challes.

Vosges (Sources en relation avec les terrains cristallins. Sources triasiques) :

Sulfatées sodiques. — Plombières (Vauquelin); Bains; Luxeuil (Grand Bain).

Bicarbonatées mixtes. — Bussang (Salmade).

Chlorurées sodiques (triasiques). — Bourbonne-les-Bains (Sondage n° 13) 10^{cm^3}.

Plateau Central (Sources en relation avec les terrains volcaniques et des terrains divers) :

Bicarbonatées sodiques, mixtes, chlorobicarbonatées. — Vichy (Grande Grille, Chomel, Hôpital) 50^{cm^3}; Saint-Yorre (Larbaud); Vals (Saint-Jean); Chaudesaigues (Source du Par); Saint-Galmier (Badoit); Saint-Alban; Sail-sous-Couzan (Brault); Lamalou (Usclade); Châtel-Guyon (Gubler); Mont-Dore (Madeleine); Royat (Saint-Mart) 50^{cm^3}; La Bourboule (Choussy) 50^{cm^3}; Saint-Nectaire (Parc); Vic-sur-Cère; Bourbon-l'Archambault (Grande Source); Néris; Évaux (Bassin Carré).

Chlorurées sodiques. — Bourbon-Lancy (Lymbe).

Normandie (Sources en relation avec les terrains granitiques) :

Sulfatées sodiques. — Bagnoles-de-l'Orne (Grande Source; minéralisation $0^g,07$).

II. — SOURCES DANS LESQUELLES ONT ÉTÉ DÉCELÉS LES MÉTAUX ALCALINS A L'EXCLUSION DU CÆSIUM.

Dax (La Fontaine Chaude ou Source de la Néhée); Capvern (Hount-Caoute); Saint-Christan (Source des Arceaux); Évian (Cachat); Aix-en-Provence (Sextius); Vittel (Grande Source, Source Hépar); Contrexéville (Pavillon); Bourbonne-les-Bains (Source Maynard); Salins (50^{cm^3}); Miers (Salmière); Royat (Velleda); Source Charrier (minéralisation $0^g,025$); Eau de mer (50^{cm^3}); Enghien (Les Roses); Pierrefonds; Auteuil-Passy; Bois de Boulogne, Grand Lac (Source ferrugineuse); Square Lamartine (Source ferrugineuse); Puits artésiens (Rue Blomet, Raffinerie Say); Eaux de Paris (Montsouris, Ménilmontant); Lac d'Enghien; Étangs de Ville-d'Avray et de Versailles.

Rivières et Fleuves :

Ourcq, Avre, Oise, Marne, Aube, Yonne, Saône, Sarthe, Creuse, Vienne, Charente, Adour, Garonne, Rhône, Rhin, Loire, Seine.

Les eaux des terrains primitifs sont caractérisées par la présence des cinq métaux alcalins et celles des terrains superficiels par l'absence du cæsium. Nous avons toujours observé la raie ultime du lithium $\lambda. 6.708_{U}$, ainsi que les deux raies ultimes du rubidium $\lambda\lambda$ $(4.202_{U} - 4.215,7_{U_1})$, dans toutes les eaux, profondes ou superficielles, examinées jusqu'ici.

La recherche du *cæsium* dans les eaux peut aider à connaître la véritable origine des sources et permettre d'établir, par sa présence ou son absence, une distinction entre les eaux d'origine profonde et les eaux d'origine superficielle.

Ces expériences, qui complètent nos recherches de traces d'alcalins dans les minéraux, montrent la très grande diffusion des métaux alcalins rares, principalement du *rubidium*, que nous avons décelé dans les eaux de sources, de rivières et de fleuves.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité du samarium.* Note de M. **Herszfinkiel** et **A. Wroncberg**, présentée par M. G. Urbain.

Le parcours des rayons α du Sm n'a été étudié jusqu'ici que par la méthode statistique; G. Hevesy, au moyen d'un compteur Geiger-Müller, a trouvé $R = 1^{cm},13$. M. Curie et F. Joliot ont employé la chambre de Wilson et ont trouvé les parcours individuels suivants : 0,08, 0,16, 0,25, 1,0 et $1^{cm},5$.

Les difficultés que présente l'étude de la radioactivité du Sm résultent de la faiblesse des effets observés : G. Hevesy indique que 1^g de Sm émet

75 particules par seconde. Il en résulte dans les méthodes statistiques la nécessité d'employer des couches épaisses et dans ces conditions les parcours réduits par l'absorption dans la source prédominent à tel point qu'il est facile de se tromper sur la grandeur du parcours maximum, surtout si le nombre des observations individuelles n'est pas très élevé. D'autre part si l'on emploie une couche très mince, la densité superficielle de la substance tombe au-dessous de 1^{mg}; le nombre des particules α arrivant dans l'appareil de mesure (chambre, compteur) devient très petit, de l'ordre de 10 par minute ce qui diminue très sérieusement l'efficacité des méthodes statistiques.

Pour ces raisons nous avons décidé d'employer la méthode de mesure directe du courant d'ionisation produit dans une chambre de grandes dimensions. Nous avons disposé de 10^{g} de Sm^2O^3 très pur; ce samarium a été traité chimiquement par nous afin d'éliminer une partie au moins d'impuretés radioactives qui pouvaient y être présentes. Les opérations d'entraînement par précipitation du SPb, SO^4Ba et Zr ayant donné des produits dont l'activité était de l'ordre de quelques centièmes de l'activité totale, nous avons conclu que le Sm dont nous disposions était suffisamment pur au point de vue radioactif pour qu'on puisse entreprendre une détermination du parcours.

La chambre d'ionisation utilisée était associée à un électroscope à feuille d'or et était constituée par une boîte en zinc mesurant $50 \times 50 \times 8^{cm}$. Les parois de plus grandes dimensions étaient percées d'un grand nombre de trous circulaires de $3^{cm},5$ de diamètre dont la surface totale était égale à 1000^{cm^2}, et qui étaient recouvertes par des feuilles d'Al pesant 0,09 mg/cm². Le courant d'ionisation spontané était de l'ordre de 1 div/2 min c'est-à-dire 10^{-13} amp et correspondait à la production d'environ 70 ions par centimètre cube. Le Sm^2O^3 était déposé sur deux plaques de Zn de $50 \times 50^{cm^2}$ qu'on plaçait symétriquement en face des parois munies de fenêtre. Au moyen d'un dispositif convenable on pouvait faire varier la distance de ces plaques aux parois entre 1^{mm} et 25^{mm}. De cette manière la réduction totale du parcours était égale, en dehors de la source, à $1^{mm},7/0^{mm},7$ équivalent d'air des feuilles d'Al.

Pour réaliser le dépôt de Sm d'épaisseur convenable nous avons eu recours à la sédimentation fractionnée d'une suspension chloroformique de la poudre finement broyée.

La densité du dépôt finalement obtenu était voisine de 0,25 mg/cm², de sorte que la quantité totale d'oxyde employée était égale à 1^{g} environ.

En extrapolant la courbe représentant les résultats obtenus on trouve que le parcours est égal à $16^{mm},7$, valeur légèrement supérieure à la plus grande valeur trouvée par MM. Curie et Joliot ($1^{cm},5$) (1).

Pour étalonner l'appareil, nous avons étendu sur l'une des plaques 67^{mg} de U^5O^8 de manière analogue à celle décrite précédemment. La densité superficielle était égale à 1/7 mg/cm². Pour accroître la distance effective au delà de 25^{mm}, ce qui n'était pas possible avec notre dispositif, nous nous sommes servis de feuilles de papier pesant 1,8 mg/cm², dont l'équivalent d'air était de 17^{mm}. Sur la courbe obtenue on voit nettement les deux parcours de UI et UII. Le parcours de UII extrapolé se trouve égal à $34^{mm},7$, valeur légèrement supérieure à celle trouvée par Lawrence (2) et Rutherford (3). Il se peut que dans les deux cas des traces d'impuretés radioactives soient responsables pour un allongement apparent des parcours. Il semble probable d'après ces expériences que la valeur exacte du parcours de Sm est très voisine de 15^{mm}.

Il est à noter que cette valeur concorde mieux avec les données de masse que la valeur trouvée par G. Hevesy. La perte de masse dans la désintégration $Sm^{148} \rightarrow Nd^{144} + He^4$ est égale d'après M. Curie et F. Joliot à 0,003 ce qui correspond pour les rayons α à une énergie égale à $2,7.10^6$ el-volts. On en déduit 17^{mm} pour le parcours des rayons α.

Nous avons comparé l'activité du Sm à celle de l'uranium et avons trouvé qu'à quantité de substance égale le courant d'ionisation dû à Sm (élément) est 600 fois plus petit que le courant d'ionisation dû à l'uranium. En tenant compte du fait que le nombre d'ions par 2 particules moyennes de UI et de UII est dans nos conditions expérimentales 4 fois plus grand que celui produit par une particule de Sm et en adoptant 2.10^4/sec pour le nombre de particules émis par 1^g UI — II, nous concluons que 1^g Sm émet 67 particules/sec, en bon accord avec le nombre 75 part/sec trouvé par G. Hevesy.

(1) M. MADER, *Z. f. Phys.*, 88, 1934, p. 601-611.
(2) *Phil. Mag.*, 5, 1928, p. 1027.
(3) *Phil. Mag.*, 7e série, 4, 1927, p. 580.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation du pouvoir diffusant vis-à-vis de la lumière, et de la viscosité des solutions de chlorure stannique, au cours de leur évolution.* Note de M. **Jules Guéron**, présentée par M. G. Urbain.

Par ces déterminations, je poursuis la description systématique de l'évolution des solutions aqueuses de chlorure stannique. Les recherches antérieures (1) ont permis de définir chimiquement les produits colloïdaux de l'hydrolyse. Les propriétés ici envisagées, diffusion de la lumière et viscosité, sont liées, on le sait, aux dimensions des particules.

1. La diffusion de la lumière a été étudiée indirectement, par mesure de la lumière transmise à travers une solution, au moyen d'un photomètre de Pulfrich, muni d'écrans colorés limitant des régions du spectre visible centrées autour des radiations 430, 470, 500, 530, 570 et $610^{m\mu}$. On peut ainsi avoir la composition spectrale de la lumière transmise, à mesure que la solution vieillit, et, pour diverses régions de longueur d'onde données, la proportion de lumière non transmise (diffusée, en l'espèce) en fonction de l'âge de la solution.

2. Pour mesurer la viscosité, j'ai utilisé la méthode de l'écoulement à travers un tube capillaire (viscosimètre de Baume). Les mesures sont faites dans un thermostat; les variations de température ne dépassent pas 0°,02 C. dans la solution étudiée, et 0°,1 C. dans l'atmosphère qui entoure le tube viscosimétrique. Lorsque les solutions ont atteint un certain degré de trouble, des anomalies apparaissent dans les mesures de durée d'écoulement; elles font penser aux « anomalies thixotropiques », bien décrites à propos d'autres substances. Et, en effet, on peut, par simple addition d'alcool, ou de charbon pulvérisé, par exemple, diriger l'évolution des solutions de chlorure stannique vers la formation de gelées thixotropiques. Ces observations incitant à une étude plus approfondie de l'écoulement capillaire de ces solutions, j'ai effectué de telles mesures sous des pressions d'écoulement variables, en utilisant une méthode simple, immédiatement dérivée de celle décrite par E. Duclaux (2). La solution employée est environ 0,23 *n*. Aussitôt après sa préparation, elle suit la loi de Poiseuille pour toutes les pressions utilisées (de 25 à 4^{cm} d'eau environ). Dès qu'un

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 247; **198**, 1934, p. 473; *Bull. Soc. Chim.*, **1**, 5e série, 1934, p. 561.

(2) E. Duclaux, *Ann. Chim. Phys.*, **25**, 1872, p. 433.

trouble se manifeste, l'écoulement sous faible pression est plus lent que ne le voudrait la loi de Poiseuille; l'écart croît avec l'âge de la solution. Mais la loi reste valable, sous les plus fortes pressions, dans les limites de précision des mesures (1 pour 100), ce qui permet, avec ces réserves, de définir un coefficient de viscosité à toute époque de l'évolution. Enfin, lorsque le produit d'hydrolyse s'est spontanément rassemblé, la solution qui le recouvre satisfait à nouveau à la loi de Poiseuille pour toutes les pressions employées. Tous ces faits permettent d'affirmer que les solutions de chlorure stannique donnent spontanément naissance à un système thixotropique, au moins pendant la période de leur évolution où elles présentent un trouble homogène. La mesure directe du module de rigidité n'a pas été possible, par suite de difficultés secondaires.

3. De l'ensemble des mesures (qui seront publiées dans un autre recueil) il ressort que, en fonction de l'âge de la solution, la proportion diffusée d'une lumière donnée, et, de même, la viscosité, sont représentées par des courbes en S, comparables aux courbes analytiques de répartition de l'étain entre micelles et solution. La variation des propriétés considérées ici commence à peu près au moment où les solutions se troublent. Les courbes que nous décrivons s'intercalent donc, dans le temps, et pour une même solution, entre la courbe analytique donnée par ultrafiltration et celle donnée par centrifugation. Elles manifestent une fois de plus le caractère autocatalytique de la floculation spontanée des solutions de chlorure stannique. Comme, en outre, ces courbes sont dépourvues d'accidents, rien ne s'oppose à l'hypothèse — naturelle et simple — que la croissance des micelles (en nombre et en dimensions) s'opère de façon continue.

4. Les résultats antérieurs ont montré l'importance particulière de la période d'induction par rapport aux ultrafiltres. Durant celle-ci, tandis que les propriétés ioniques de la solution évoluent, les micelles *naissent*. Cette naissance est, de toute évidence, le phénomène le plus important de l'évolution dont je poursuis l'étude. La viscosité et l'effet Tyndall ne renseignent pas plus, sur ce fait primordial, que ne l'ont fait les méthodes purement chimiques. Deux procédés de recherche laissent quelque espoir de toucher ce point. D'une part la coagulation par le sulfate de sodium, employée par Meunier, Sisley et Génin (¹). J'en ai donné une description (²) plus détaillée que celle de ces auteurs, et je reviendrai sur son

(¹) L. Meunier, P. Sisley et F. Génin, *Chim. Ind.*, 27, 1932, p. 1017.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 1, 5ᵉ série, 1934, p. 572.

interprétation. Le second procédé est la diffusion de la lumière, mais utilisée sous une forme plus subtile que l'effet Tyndall, à savoir le spectre Raman. Nous nous bornerons ici à noter qu'une solution *fraîche* (environ 2*n*) de chlorure stannique, présente un spectre Raman bien pur [1], où l'on relève les fréquences 152, 172 et 340 cm^{-1}. Ces fréquences sont différentes de celles du chlorure stannique anhydre [104, 136, 367, 401 cm^{-1} environ [2]], et *relativement* plus voisines de certaines des fréquences de l'acide chlorostannique [157, 235, 315 cm^{-1} environ [3]] dont la présence dans les solutions aqueuses de chlorure stannique a été supposée par plusieurs auteurs, avec vraisemblance, certes, mais sans preuves expérimentales formelles.

La variation du spectre Raman des solutions de chlorure stannique, au cours de leur évolution, sera décrite plus tard.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'étude des systèmes chimiques par variation de poids en température régulièrement variable.* Note de M. **Marcel Guichard**, présentée par M. Urbain.

En 1923, au cours de recherches sur l'hydratation, j'ai été amené à instituer une nouvelle méthode que j'ai généralisée à « l'étude de toute réaction faisant varier, dans un sens ou dans l'autre, le poids d'un corps solide quelconque... dans une atmosphère choisie... la température s'élevant à peu près proportionnellement au temps et assez lentement » [4].

L'application de cette méthode très sensible suppose simplement : 1° un dispositif de *pesée continue*, par exemple, la balance à compensation que j'ai décrite; 2° un dispositif d'*ascension régulière de la température*, donnant des vitesses variables.

Cette méthode a été appliquée à de nombreux systèmes : hydrates, composés ammoniacaux, azoturation, destruction de complexes, d'azotates, réductions, oxydations, etc. [5].

---

(1) Ce spectre Raman a été obtenu par M. P. Dupont et Mlle B. Grédy.

(2) S. Bhagavantam, *Indian J. Phys.*, 7, 1932, p. 79; A. Langseth, *Z. Phys.*. 72, 1931, p. 350, etc.

(3) O. Redlich, T. Kurz et P. Rosenfeld, *Z. physikal. Chem.*, 19, 1932, p. 231.

(4) *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 258; 37, 1925, p. 62, 251, 381; 39, 1926, p. 1113.

(5) Auméras, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 214; *Bull. Soc. ch.*, 51, 1932, p. 348; Auméras et Tamisier, *Bull. Soc. ch.*, 51, 1932 p. 348; Vallet, *Comptes rendus*, 195,

Son intérêt tient à ce que, en principe, elle peut donner par exploration de toute l'échelle des températures, en une seule expérience, ce que la méthode classique des variations de poids en température constante ne donne que par un très grand nombre d'essais dont beaucoup sont forcément sans résultats. Les procédés d'enregistrement photographique, institués par M. Dubois et par M. Vallet feront beaucoup pour augmenter la certitude des résultats de la méthode.

Dans de nombreux systèmes, la forme de la courbe poids-temps dépend surtout de ces deux influences : 1° la pression de destruction des corps solides qui croît avec la température; 2° la quantité de corps solides restant à transformer qui est constamment décroissante. Dans la grande majorité des cas, des arrêts ou des ralentissements de la variation de poids indiquent les corps définis, les hydrates, par exemple. Quelques essais en températures constantes sont parfois utiles pour compléter les résultats.

Je voudrais ici tenter d'analyser ce qui se passe lorsque le système étudié peut subir des fusions ou solidifications; dans de tels cas rencontrés en particulier par M. Schreiber dans le laboratoire de M. Cornec, par M. Rigollet dans le mien, l'interprétation des courbes exige de grandes précautions. Je prendrai comme exemple la destruction de sels hydratés : *a*. La fusion d'un hydrate salin défini, à une température où sa tension est nulle, laisse évidemment le poids invariable. *b*. Mais, si, avant de fondre, un hydrate H_1 a une tension appréciable alors, le solide contient un mélange de cet hydrate H_1 et de l'hydrate inférieur H_2; la fusion commençante du mélange sera celle d'un eutectique, à une température qui restera fixe, malgré l'ascension de la température du four. *c*. L'eutectique étant liquide, il reste à liquéfier l'excès de l'un des deux hydrates, et la température croît de nouveau jusqu'à fusion totale. Au cours de cette fusion par étapes, la vitesse de perte de poids est considérablement diminuée, d'abord par l'arrêt de la température, ensuite par l'abaissement de tension qui résulte de la fusion, enfin, par la diminution considérable de la surface du solide divisé, devenant liquide. La courbe poids-temps doit porter un palier ou un changement de direction qui n'indiquent aucunement le passage par un corps défini. *d*. Le système entièrement liquide, qui est une solution, continue à

1932, p. 1074; **198**, 1934, p. 1860; Cochet, *Chim. et industr. Congrès*, 1932, 429 S; Schreiber, *Thèse* 1933, Strasbourg; Lefol, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 919; **198**, 1934, p. 1858; Dubois, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1502; Rigollet, 1934. Diplôme d'études, Paris.

perdre de la vapeur d'eau, en température croissante. *e*. Il peut arriver que ce système acquière une composition telle qu'il soit saturé par rapport à un certain hydrate lequel commence alors à se déposer, en abandonnant généralement de la chaleur; d'où une certaine perturbation sur la courbe poids-temps. *f*. L'évaporation continuant peut aller jusqu'à sec et si, à la température atteinte, l'hydrate solide a une tension nulle, on obtient un palier de poids qui indique l'existence de cet hydrate défini; mais, si l'évaporation a été conduite plus vite, l'hydrate déposé, à température plus élevée, aura une tension et la courbe ne marquera qu'une inflexion ou ne donnera rien de net.

Ajoutons à cette analyse que l'évaporation d'une solution peut se faire avec ou sans ébullition, que le liquide plus ou moins visqueux forme des bulles, des mousssès, des croûtes, qui rendent le départ de l'eau intermittent; toutes ces irrégularités s'inscrivent sur la courbe poids-temps.

Ces remarques nous conduisent à conclure que, dans l'étude d'un système chimique par variation de poids en température régulièrement variable, il faut se préoccuper de savoir si le système est, à certains moments, le siège de fusion ou de solidification et en tenir compte dans la discussion de la courbe obtenue. Hors de ces circonstances, la méthode, applicable aux systèmes les plus divers, paraît susceptible de donner d'utiles renseignements, particulièrement dans la recherche des conditions de stabilité des composés définis.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la propagation de la décomposition explosive dans le vide de la trompe à mercure*. Note de MM. **Henri Muraour** et **W. Schumacher**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons poursuivi l'étude de la propagation de la décomposition explosive, amorcée par fil rougi, dans le vide de la trompe à mercure. Nos nouvelles expériences ont été exécutées : 1° avec l'iodure d'azote; 2° avec le peroxyde d'hexaméthylènetétramine; 3° avec l'hexogène (dérivé nitré de l'hexaméthylènetétramine).

Inflammation par fil de nichrome de $0^{mm},32$ de diamètre. Courant de 4 ampères sous 85 volts.

Résultats obtenus : *Iodure d'azote pulvérulent*, vide de $5/10000^e$ de millimètre. Détonation avec effet mécanique. La lame d'acier de $1/10^e$ de milli-

mètre d'épaisseur, soutenue à ses deux extrémités, utilisée comme support est tordue et repliée sur elle-même par l'effet de l'explosion.

Peroxyde d'hexaméthylènetétramine. — 1° A l'état pulvérulent : *a.* à l'air libre, combustion vive; *b.* dans un vide de 5/10000e de millimètre, pas de propagation.

2° Sous forme de pastille de $8^{mm},86$ de diamètre obtenues par compression à 2000^{kg} par centimètre carré. Poids, $0^g,3$; hauteur, $3^{mm},25$: *a.* à l'air libre, détonation avec effets mécaniques violents, la feuille d'acier de 1/10e de millimètre est découpée en fragments; *b.* dans un vide de 5/10000e de millimètre, détonation avec effets mécaniques violents, *identiques à ceux observés à l'air libre.*

Hexogène (dérivé nitré de l'hexaméthylènetétramine). — Avec cet explosif on n'a observé dans le vide, même à l'état comprimé, aucune propagation de la réaction explosive.

On remarquera : 1° L'intérêt particulier du résultat obtenu avec le peroxyde d'hexaméthylènetétramine. La chaleur de formation de cet explosif d'amorçage est en effet positive ($+86^{cal},7$ par molécule). La décomposition de la molécule absorbe donc de l'énergie et l'effet explosif ne peut être dû qu'à la réaction ultérieure entre les éléments. *Il est très remarquable de voir que dans le vide, sans aucune résistance extérieure, l'oxydation du carbone et de l'hydrogène s'effectue avec une rapidité assez grande pour produire des effets mécaniques identiques à ceux observés à l'air libre.*

2° On remarquera également que pour l'hexogène, qui n'est pas un explosif d'amorçage, il n'y a pas propagation de la réaction explosive.

On peut résumer sous la forme suivante l'ensemble des résultats que nous avons obtenus dans l'étude de la propagation de la réaction explosive dans le vide.

Explosifs d'amorçage pris à l'état pulvérulent. — Azoture de plomb, fulminate d'argent (en cristaux), iodure d'azote, acétylure d'argent, perchlorate du diazo de métanitraniline (aggloméré) : *détonation;* fulminate de mercure et peroxyde d'hexaméthylènetétramine : *pas de propagation.*

Explosifs d'amorçage pris à l'état de pastilles comprimées à 2000^{kg} *par centimètre carré* (le fulminate a été comprimé à 4000^{kg} par centimètre carré). — Fulminate de mercure : *combustion vive;* picrate basique de plomb, trinitrorésorcinate de plomb, peroxyde d'hexaméthylènetétramine : *détonation.*

Explosifs ordinaires pris à l'état pulvérulent ou à l'état de pastilles compri-

mées à 2000^{kg} *par centimètre carré.* — Tétranitropentaérythrite, coton-poudre à 13,9 pour 100 d'azote, tétryl, acide picrique, trinitrotoluène, hexogène : *pas de propagation.*

On remarquera que la décomposition, amorcée par fil rougi, ne se propage dans le vide que pour les explosifs d'amorçage. Ce résultat est en parfait accord avec la théorie antérieurement formulée par l'un de nous [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Corrosion intérieure du zinc.*
Note [2] de M. **E. Arendt**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que le zinc plongé dans une solution acidulée acquiert des propriétés passives.

Nous avons laissé à un tel zinc passif dans une solution d'acide sulfurique ou chlorhydrique (la concentration peut varier dans des limites assez grandes, mais ne doit pas dépasser la concentration d'activation spontanée du zinc). Nous avons alors constaté après quelques semaines (le temps de l'action de la solution sur le zinc dépend du degré de la passivité de la surface du métal) que le zinc était corrodé à l'intérieur.

A première vue on ne distingue pas la corrosion du métal, car les parties corrodées sont couvertes de la couche extérieure passive du zinc. Le métal corrodé à l'intérieur se dissout en partie en donnant des sels $ZnSO^4$ ou $ZnCl^2$, et forme d'autre part de l'hydroxyde $Zn(OH)^2$, qui remplit l'espace corrodé.

La couche passive a l'aspect métallique du côté qui est en contact avec la solution, à la face interne, elle est d'une couleur grise foncée, couleur de $Zn(OH)^2$. L'ordre de grandeur de l'épaisseur de la couche est de 10^{μ}. Cette couche seule mise dans une solution acide se dissout lentement; mais sa dissolution ne se produit que du côté oxydé de la couche.

L'effet de la couche passive à la surface du zinc, ainsi démontré sur le zinc chimiquement pur, est bien plus marqué sur le zinc technique par exemple sous forme d'une tôle. Dans ce cas cependant il faut mettre le zinc dans une solution acidulée de faible concentration, de l'ordre 10^{-2} normale. Le zinc technique, contient en effet des impuretés, et dans ce cas l'action d'acides active le zinc facilement.

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 280; *Bul. Soc. chim. France*, 51, 1932, p. 1152; *Revue générale des Sciences*, 44, 1933, p. 567.

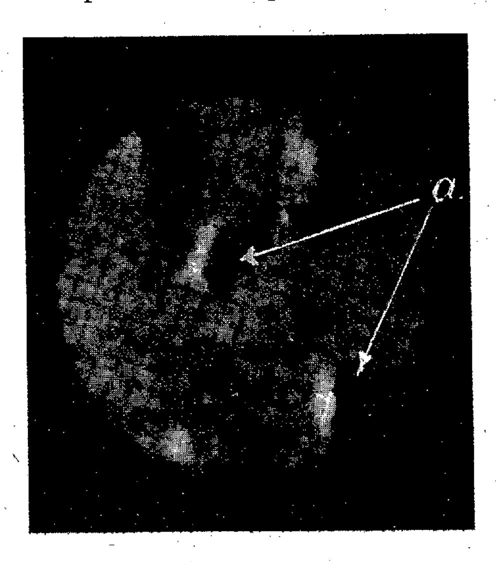
(2) Séance du 2 juillet 1934.

Lorsque le zinc présente à sa surface des points actifs qui forment des piles locales fermées la dissolution se fait presque exclusivement sur ces parties actives. Pour former la pellicule passive il faut recouvrir ces points avec une matière inactive (cire).

Ces expériences démontrent que la passivité du zinc est due à la formation d'une pellicule métallique passive de faible épaisseur à la surface du zinc. Ce point de vue est en accord avec les idées antérieures [1].

La corrosion intérieure du métal est facilitée par la différence des propriétés chimiques des couches superficielles et des masses intérieures du métal [2].

Lorsque le métal en expérience est rendu passif sur toute sa surface, la formation de la pellicule passive sur les parties corrodées peut être expliquée



de la manière suivante : Les ions négatifs diffusent à travers la couche passive du métal et réagissent avec des couches plus profondes. Il en résulte un dégagement d'hydrogène à l'intérieur de la masse du zinc et le gaz hydrogène rompt en s'échappant la pellicule passive du zinc, ce qui est visible sur la figure (*a*).

La pénétration des ions dans le métal, causée par une différence de potentiel à sa surface, a été démontrée par les expériences de M. T. Peczalski [3].

---

(1) Voir M. Centnerszwer et W. Zablocki, *Z. phys. Ch.* 122, 1926, p. 455; M. Centnerszwer, *Z. phys. Ch.*, 141, 1929, p. 4.

(2) Sackur, *Z. f. Elektroch.*, 10, 1904, p. 841.

(3) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 227.

PHYSICOCHIMIE. — *Essais d'obtention sous très haute pression de carbone cristallisé*. Note de M. **James Basset**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons réalisé en 6 ans près de 300 expériences sous des pressions permanentes comprises entre 3000 et 25000 kg/cm² pour essayer de déterminer les conditions physiques permettant au carbone de cristalliser sous la forme diamant.

Nos essais, divisés en 6 groupes, ont été effectués dans les presses à ultra-pression que nous avons déjà décrites [1].

Groupe 1. — Nous avons cherché à dissoudre du carbone dans un métal fondu, le carbone dissous étant abandonné par le métal lors de son refroidissement. Pour cela nous avons produit, sous très hautes pressions, en présence de carbone, un métal à très haute température par réduction d'oxydes métalliques par l'aluminium ou le magnésium. Le carbone provient : soit de charbon de sucre ou de graphite mélangé intimement avec les matières à réagir, soit de la décomposition des carbures gazeux constituant le milieu ambiant sous pression.

Nous opérons de la façon suivante :

L'oxyde du métal choisi, mélangé en proportion moléculaire avec de l'aluminium par exemple, est tassé dans un creuset en acier protégé par un revêtement calorifuge, la réaction est amorcée électriquement par une spirale de platine ou de tungstène noyée dans la masse et contenant une petite quantité d'un mélange bioxyde de baryum-magnésium ou chlorate de potasse-magnésium qui facilite la mise à feu.

Le métal carburé produit se trouve porté à très haute température et se rassemble en globules, pouvant atteindre 10^{mm} de diamètre, qui se refroidissent très rapidement par suite de la grande conductibilité thermique du milieu sous pression.

Il est intéressant de noter que sous les très hautes pressions employées, aux températures atteintes par des réactions de ce genre, le métal fondu carburé garde les propriétés d'un liquide puisqu'il se rassemble en globules sphériques et que certains de ces globules prennent parfaitement la forme des petites poches d'alumine, plus ou moins fondue, qui forment leurs gangues.

Le milieu ambiant transmettant la pression a été soit un carbure liquide

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 343; **191**, 1930, p. 928; **195**, 1932, p. 1242.

qui se vaporise et se décompose au moment de l'amorçage de la réaction (benzine, toluène, alcool, carbonyles métalliques, sulfure de carbone, etc.), soit un gaz (azote, hydrogène, oxyde de carbone).

Nous avons exécuté dans ce groupe 115 expériences sous des pressions permanentes comprises entre 3000 et 25000 kg/cm² en employant les oxydes de fer, de nickel, de baryum, de bismuth et d'argent.

Nous n'avons pu obtenir que du graphite tant dans les globules de métal carburé que dans les gangues ou les garnitures réfractaires.

Groupe 2. — Des réactions analogues au groupe 1 ont été essayées en se servant comme matière de base de carbonates métalliques. Les essais ont été faits également en combinant des réactions du type du groupe 1 à des réactions de réduction de carbonates.

Pressions employées, 5000 à 16000 kg/cm².

Métaux expérimentés : fer, nickel, argent, baryum, strontium, lithium.

Nombres d'essais, 28; carbone obtenu : graphite.

Groupe 3. — Nous avons tenté d'obtenir du carbone cristallisé par décomposition lente ou très brusque de carbures liquides, la décomposition étant produite : soit par la chaleur à haute ou moyenne température, soit par réaction chimique. 89 expériences ont été réalisées sous des pressions comprises entre 3000 et 23000 kg/cm² avec les carbures suivants : benzine, alcool, acétone, fer, carbonyle.

Tous ces essais n'ont produit que du carbone amorphe ou du graphite.

Groupe 4. — Essais analogues au groupe 3 sur les composés chlorés, bromés, iodés et sulfurés du carbone. 26 essais ont été effectués, sous des pressions comprises entre 6000 et 25000 kg/cm². Carbone obtenu : amorphe ou graphite.

Groupe 5. — Obtention de carbone par décomposition de carbures métalliques par réaction de réduction par les chlorures à très haute température (carbure de calcium, carbure de baryum et carbure de strontium) ou par action de la vapeur d'eau à moyenne température sur le carbure de silicium (400 à 600°).

Pression d'essai de 4000 à 14000 kg/cm².

Nombre d'essais, 21; carbone obtenu : graphite.

Groupe 6. — Décomposition lente de l'oxyde de carbone sous très hautes pressions à température moyenne (300 à 600°).

Pressions employées, 2000 à 8000 kg/cm²; nombre d'essais, 16; carbone obtenu, amorphe ou graphite.

Conclusion. — Il résulte de tous nos essais que, dans les conditions

physiques et chimiques extrêmement variées que nous avons pu réaliser, sous des pressions permanentes ayant atteint 25000 kg/cm², le carbone est toujours obtenu sous forme de graphite.

Dans certaines de nos expériences, les résidus pouvant subsister après les attaques connues pour isoler le diamant n'ont réservé qu'une quantité infime de cristaux microscopiques, insuffisante pour permettre d'en déterminer la nature exacte.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les limites de détonation de quelques mélanges gazeux.* Note de MM. **Paul Laffitte** et **J. Breton**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Alors que l'on a déterminé les limites d'inflammabilité d'un très grand nombre de mélanges gazeux combustibles, il n'a été fait que fort peu de déterminations de limites de détonation (limites entre lesquelles un mélange est susceptible de donner l'onde explosive). On ne peut citer comme mesures précises que celles de Wendlant (1) qui a donné la limite inférieure de détonation des mélanges suivants : hydrogène-air, oxyde de carbone-air et oxyde de carbone-oxygène. Il mesurait, par un procédé chronoélectrique, la vitesse de propagation du phénomène explosif en deux points éloignés de plusieurs mètres dans un tube contenant le mélange gazeux : une vitesse identique en ces deux points indiquait que, pour le mélange étudié, il y avait eu propagation d'une onde explosive. Nous nous sommes proposés de faire une étude analogue sur un certain nombre de mélanges gazeux, en employant la méthode classique d'enregistrement photographique de Mallard et Le Chatelier : l'examen de la photographie permet de voir rapidement si le mélange étudié a donné lieu à une onde explosive. La difficulté provient de ce que, au voisinage des limites de détonation, la plupart des mélanges ne sont pas photogéniques. Aussi avons-nous utilisé le procédé avec éclairage supplémentaire que l'un de nous a déjà eu l'occasion de décrire (2) et qui permet l'enregistrement des phénomènes non lumineux. Dans les photographies obtenues l'onde explosive s'enregistre par un trait rectiligne très fin se détachant sur le fond lumineux produit par la source d'éclairage. La détonation était provoquée par une amorce électrique de $0^{gr},1$ de fulminate

(1) *Z. phys. Chem.*, 113, 1924, p. 637 et 116, 1925, p. 227.

(2) P. Laffite et M. Patry, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1335. Voir aussi M. Patry, *Thèses*, Nancy, 1933.

de mercure; elle se propageait dans un tube de cuivre de 14^{mm} de diamètre intérieur et de 5^{m} de longueur, prolongé par un tube de cristal de près d'un mètre de longueur permettant l'enregistrement photographique des phénomènes.

Pour les mélanges d'hydrogène avec l'oxygène et avec l'air, les limites inférieures (L_i) et supérieures (L_s) sont données dans le tableau suivant. Ces limites correspondant au dernier mélange susceptible de donner une onde explosive, nous indiquons la vitesse (V) de propagation de celle-ci :

	Hydrogène-oxygène.		Hydrogène-air.	
	H^2 °/₀ (vol.).	V (m/sec).	H^2 °/₀ (vol.).	V (m/sec).
L_i..........	20	1500	»	»
L_s..........	90	3600	58,8	2100

La limite inférieure de détonation du mélange hydrogène-air (18,8 pour 100) a été donnée par Wendlandt. Nous avons également fait des mesures de la vitesse de détonation dans tout l'intervalle compris entre les deux limites : cette vitesse varie linéairement en fonction de la concentration, sauf cependant au voisinage des limites, au delà desquelles elle subit une chute brusque. Le détail de ces mesures sera rapporté dans un autre Mémoire.

Pour le mélange oxyde de carbone-oxygène, la limite inférieure de détonation (38 pour 100 CO) ayant été déterminée par Wendlandt, nos mesures ont porté sur la limite supérieure. Mais si le mélange est parfaitement desséché, la détermination précise de cette limite est pratiquement impossible, ce qui cadre d'ailleurs avec les observations de Dixon [1] sur l'influence de la vapeur d'eau sur l'inflammation et la détonation de l'oxyde de carbone. Avec un mélange humide, au contraire, la limite peut facilement être atteinte. Elle est de 90 pour 100 d'oxyde de carbone pour un mélange à peu près saturé d'humidité à 20° C.

Nous avons également fait des mesures pour des mélanges à parties égales d'hydrogène et d'oxyde de carbone dans l'oxygène ou dans l'air. Nous avons obtenu des valeurs très voisines de celles des limites de l'hydrogène pur, comme on peut le voir sur le tableau suivant :

	$(H^2+CO)-O^2$.		(H^2+CO) — Air.	
	(H^2+CO) °/₀.	V (m/sec).	(H^2+CO) °/₀.	V (m/sec).
L_i..................	19,7	1350	19,1	1500
L_s..................	90	2000	58,4	1690

(1) H. B. Dixon, *Phil. Trans.*, [A], 184, 1893, p. 97.

Ces résultats sont à rapprocher de l'influence de l'hydrogène sur la température d'inflammation de l'oxyde de carbone ([1]).

Dans certains cas les photographies présentent un aspect strié identique à celui signalé par Campbell et ses collaborateurs ([2]), et qu'ils ont attribué à une propagation hélicoïdale du phénomène explosif. De l'ensemble de nos observations, tant sur les mélanges précédents que sur des mélanges à base de carbures saturés, il résulte que, dans la plupart des cas, les photographies striées s'obtiennent au voisinage des limites de détonation, ainsi que pour les mélanges pour lesquels l'onde explosive présente certains caractères d'instabilité (les stries sont, en particulier, d'autant plus nettes que l'onde explosive est plus difficile à amorcer).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fixation de l'acétone par les nitrocelluloses.* Note ([3]) de M. **Jean Desmaroux**, présentée par M. Urbain.

L'action de l'acétone sur les nitrocelluloses a déjà fait l'objet de nombreuses études ([4]), car c'est le plus connu des gélatinisants. Dans les essais actuels, nous nous sommes placé à un point de vue strictement thermodynamique; notre but a été de rechercher une méthode simple et précise permettant d'obtenir des systèmes en équilibre bien défini, qui devaient faire l'objet d'une étude parallèle de M. Marcel Mathieu par les diagrammes de Röntgen. Nous nous sommes limité par là à ne distinguer que la forme de la fixation : liaison chimique dans des phases distinctes, ou bien fixation sur des phases très dispersées l'une dans l'autre. On ne peut par cette méthode étudier la gélatinisation, dans le sens ordinaire du mot, c'est-à-dire le changement de structure, de fibre à pâte plastique, qui se trouve liée à des énergies superficielles négligées et sans doute très faibles.

La méthode a consisté à suspendre un petit paquet de nitroramie au-dessus d'une solution d'acétone et d'huile de ricin, placée dans un flacon

---

([1]) C. Campbell et D. W. Woodhaad, *J. Chem. Soc.*, **130**, 1927, p. 1572; C. Campbell et A. C. Finch, *J. Chem. Soc.*, **131**, 1928, p. 2094.

([2]) M. Prettre et P. Laffitte, *Comptes rendus*, **188**, 1929, 1403.

([3]) Séance du 25 juin 1934.

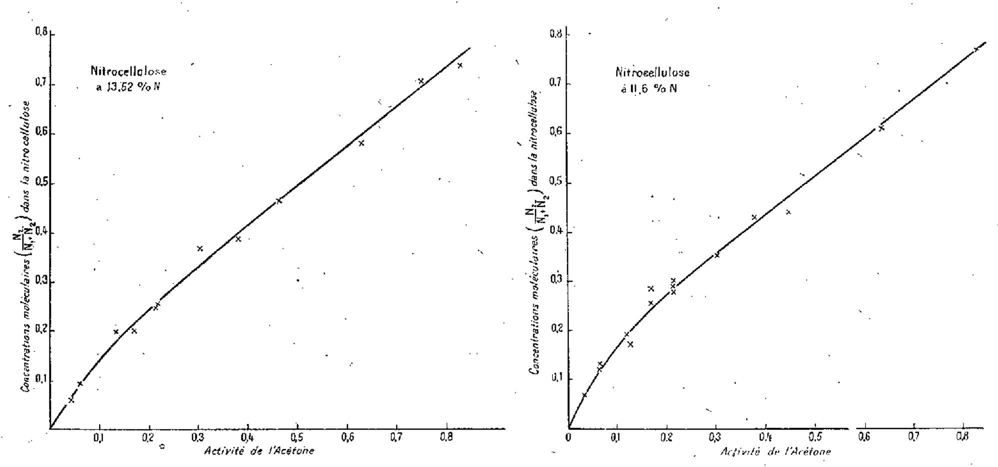
([4]) Jenkins, Bennett, Rubinstein, *J. Phys. Chem.*, **34**, 1930, p. 2318 et 2330; Trogus, Tomonari, Hess, *Z. phys. Chem.*, **16**, 1932, p. 351; Bain, Good, Bakr, etc., *Trans. Faraday Soc.*, **29**, 1933, p. 1086; Trillat, *The Colloïd. Aspects of Textile materials* (*Faraday Society*), septembre 1932, p. 85.

fermé avec beaucoup de soin et chauffée dans un thermostat réglé à $40° \pm 0°,1$. La nitroramie absorbe les vapeurs d'acétone jusqu'au point où la tension de vapeur dans la nitrocellulose équilibre exactement la tension de vapeur de l'acétone dans l'huile de ricin (qui, à cette température, n'a, pour ainsi dire, aucune tension propre). La simple pesée du paquet de fibres donne la concentration de l'acétone dans la nitrocellulose, et la tension de vapeur correspondante est obtenue en mesurant la tension de vapeur sur l'huile de ricin, ce qui peut se faire par la méthode du balayage.

Les tensions de vapeur de l'acétone sur l'huile de ricin sont tout à fait anormales. Ainsi, une solution contenant 10 pour 100 d'acétone a déjà les 45 pour 100 de la tension maxima de l'acétone; une solution à 50 pour 100, les 88 pour 100 de cette tension.

De ces données, on peut immédiatement tirer « l'activité » (au sens de G. N. Lewis) de l'acétone dans la nitrocellulose : elle est égale à H/H_0 (H tension sur l'huile, H_0 tension maxima à la température considérée). L'activité serait égale à la concentration moléculaire si la solution était parfaite.

La figure donne les concentrations moléculaires $\{a/a+n\}$ de l'acétone



dans la nitrocellulose en fonction de l'activité. Le poids moléculaire de la nitrocellulose est calculé pour un anneau en C^6. L'expérience a montré que dans les réactions chimiques de la cellulose (fixation du cuivre, étudiée par Hess; fixation des gélatinisants comme le camphre, la centralite) chaque anneau réagit d'une manière qui ne dépend pas de l'état des anneaux voisins.

Les mesures ont porté sur deux nitroramies, l'une à 11,6 pour 100 d'azote (dinitro 11,11 pour 100), l'autre à 13,52 pour 100 d'azote (trinitro 14,15 pour 100). Ces courbes ont une allure tout à fait régulière, voisine de la droite qui indiquerait une solution parfaite. Il n'y a pas trace de discontinuité dans les tensions, analogue à celle que l'on observe avec le camphre et la centralite, pour lesquels la concentration dans la nitrocellulose demeure nulle, tant que l'activité dans le milieu extérieur est inférieure à une valeur critique, puis, au contraire, augmente pour une activité déterminée a_0 jusqu'à la saturation, qui se produit à peu près lorsqu'une molécule de gélatinisant est fixée sur un anneau de glucose.

Une particularité remarquable (¹) est la quasi-identité des deux courbes, alors que la proportion des OH estérifiés est fort différente, l'une des nitroramies se rapprochant de la dinitro et l'autre de la trinitrocellulose.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de préparation synthétique des dérivés α-chloroéthylés des éthers oxydes phénoliques; application à la synthèse des quelques vinylanisols.* Note de M. **Raymond Quelet**, présentée par M. Delépine.

J'ai fait connaître (²) une méthode générale de synthèse des dérivés chlorométhylés des éthers-oxydes phénoliques consistant à saturer par le gaz chlorhydrique un mélange d'éther phénolique, de formol et de chlorure de zinc maintenu à une température peu élevée.

La réaction utilisée n'est pas spéciale à l'aldéhyde formique et en remplaçant, dans le mélange précédent, le formol par du paraldéhyde acétique, on peut obtenir dans d'assez bonnes conditions les dérivés α-chloroéthylés correspondants. Par fixation d'acide chlorhydrique, l'éthanal se transforme d'abord en alcool α-chloroéthylique (³), lequel, en présence de l'éther-oxyde phénolique, donne lieu à la réaction

$$CH^3-CH\begin{matrix}/OH\\ \backslash Cl\end{matrix} + CH^3O-C^6H^5 \rightarrow H^2O + CH^3O-C^6H^4-CHCl.CH^3.$$

(¹) Cette quasi-indépendance de l'absorption par rapport au taux d'azote se déduit également des résultats donnés par Jenkins, Bennett, Rubinstein. Les faibles variations indiquées par ces auteurs sont presque entièrement dues à l'expression (en poids et non en molécules) de l'absorption.

(²) *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 851; *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 102.

(³) Hanriot, *Annales de Chimie*, 25, 1882, p. 220.

Cette condensation s'effectue déjà sous la seule influence de l'acide chlorhydrique. En traitant à 20°, par le gaz chlorhydrique un mélange bien agité de 1[mol] 1/4 d'anisol, 1[mol] d'éthanal pris sous forme de paraldéhyde et 50[cm³] d'acide chlorhydrique concentré, on forme le dérivé chloroéthylé avec un rendement de 25 pour 100, après 1 heure de contact.

La réaction est beaucoup plus rapide si on l'effectue en présence de chlorure de zinc : en ajoutant 1[g] de ce chlorure au mélange précédent et en opérant dans les mêmes conditions, le rendement atteint 40 pour 100. Le mode opératoire qui, au point de vue général, apparaît le plus avantageux est celui qui consiste à effectuer la saturation par le gaz chlorhydrique en présence d'une assez forte proportion de chlorure de zinc, au sein d'éther de pétrole et à une température qui varie de 5° à 15° suivant la nature de l'éther phénolique envisagé. L'anisol et ses principaux homologues fournissent ainsi des dérivés α-chloroéthylés avec des rendements variant de 40 à 60 pour 100.

Les chlorures formés sont peu stables [1] et ne peuvent être distillés, même sous pression réduite, sans décomposition importante. Ils perdent ClH en donnant les vinylanisols correspondants et des produits de polymérisation. En l'absence de solvant et à l'état sec, ils se condensent sur eux-mêmes, dès la température ordinaire, en donnant lieu à une réaction fortement exothermique qui, en quelques secondes, devient extrêmement vive. Mais, il n'est pas nécessaire de les purifier pour en tirer parti et le produit brut provenant de la condensation de l'oxyde phénolique avec l'alcool α-chloroéthylique, lorsqu'il vient d'être fraîchement obtenu et lavé, peut être avantageusement employé pour la réalisation d'un certain nombre d'intéressantes synthèses. J'envisagerai ici son utilisation pour la préparation du vinylanisol et de ses homologues. La transformation

$$CH^3O - C^6H^4 - CHCl.CH^3 \rightarrow ClH + CH^3O - C^6H^4 - CH = CH^2$$

se réalise facilement par chauffage du chlorure avec les bases ou les carbonates alcalins ou avec les bases organiques. La méthode à laquelle je me suis arrêté est celle de Klages (*loc. cit.*) qui consiste à chauffer à 115° avec de la pyridine.

Partant de l'anisol, on peut aboutir au paravinylanisol de la façon sui-

---

(1) Klages (*D. Chem. G.*, 36, 1903, p. 3592) a déjà signalé ce fait à propos du para-α-chloroéthylanisol obtenu par action de l'acide chlorhydrique sur le carbinol correspondant.

vante : on sature par un courant d'acide chlorhydrique un mélange bien agité de $1^{mol},25$ d'anisol, 44^g de paraldéhyde, 150^{cm^3} d'éther de pétrole, 50^{cm^3} d'acide chlorhydrique étendu (solution commerciale étendue de son volume d'eau) et 25^g de chlorure de zinc. La température est maintenue au voisinage de 5° pendant la saturation dont la durée est de 1 heure. Le produit est versé sur de la glace, rincé à l'eau glacée, séché rapidement sur du sulfate de sodium et mélangé dans un ballon avec 2^{mol} de pyridine. Après élimination de l'éther, le mélange est chauffé à 115° pendant 10 heures. Par les traitements habituels, on isole le paraméthoxyvinylbenzène (1), Eb_{16} : 95-96°, $d_0 = 1,0165$, $d_4^{18} = 1,001$, $n_D^{18} = 1,5613$ avec un rendement de 35 à 40 pour 100. On obtient en même temps une proportion assez importante de para-para-diméthoxy-α-méthyldiphénylméthane provenant de la réaction secondaire :

$$CH^3O - C^6H^4 - CHCl - CH^3 + C^6H^5 - OCH^3$$
$$\rightarrow ClH + CH^3O - C^6H^4 - CH(CH^3) - C^6H^4 - OCH^3.$$

Par application de cette méthode à quelques homologues de l'anisol, les produits suivants ont été obtenus :

A partir des éthers méthyliques des crésols : le méthoxy-4 méthyl-3 vinylbenzène, liquide d'odeur anisée assez faible, Eb_{16} : 105°; $d_0 = 1,007$; $d_4^{17} = 0,993$; $n_4^{17} = 1,5596$; le méthoxy-4 méthyl-2 vinylbenzène, liquide Eb_{16} : 107°; $d_0 = 1,009$; $d_4^{17} = 0,995$; $n_D^{17} = 1,560$; le méthoxy-2 méthyl-5 vinylbenzène, liquide Eb_{16} : 107°; $d_0 = 1,002$; $d_4^{19} = 0,987$; $n_4^{19} = 1,554$.

A partir de l'éther méthylique du thymol : le méthyl-2 méthoxy-4 isopropyl-5 vinylbenzène, liquide d'odeur faible, Eb_{12} : 122°; $d_0 = 0,971$; $d_4^{20} = 0,955$; $n_D^{20} = 1,541$.

L'action combinée de l'éthanal et de l'acide chlorhydrique permet donc de réaliser facilement la synthèse des dérivés α-chloroéthylés des éthers-oxydes phénoliques. Des recherches en cours m'autorisent à affirmer que l'aldéhyde propionique permet d'aboutir aux dérivés α-chloropropylés.

---

(1) PERKIN, *J. Chem. Soc.*, 33, 1878, p. 214; KLAGES, *loc. cit.*; TIFFENEAU, *Ann. de Chim.*, 10, 1907, p. 349.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de quelques composés acétyléniques de la série cyclanique.* Note de Mlle **Blanche Grédy**, présentée par M. Delépine.

Poursuivant mes recherches sur l'effet Raman de la liaison acétylénique, j'ai préparé quatre carbures et un alcool dans les séries du cyclopentane et du cyclohexane.

Je suis partie du cyclopentanol, que j'ai transformé en bromure par le tribromure de phosphore; j'ai attaqué ce bromure par le magnésium, et fait réagir l'aldéhyde éthylique sur le magnésien ainsi préparé; j'ai obtenu le cyclopentyl-éthanol secondaire, alcool qu'il est très difficile de sécher, et qui bout de 70° à 83° sous 24^{mm}, c'est-à-dire nettement plus haut que l'alcool décrit par Edwards et Emmet Reid [1] (73°,5-75° sous 32^{mm}). J'ai fait réagir sur l'alcool l'acide chromique en milieu acétique; l'oxydation a été menée très lentement, de façon à éviter tout échauffement (température toujours inférieure à 40°); après lavage et extraction à l'éther, j'ai obtenu la méthyl-cyclopentyl-cétone, avec des constantes extrêmement voisines de celles données par Nenitzescu et Cantuniari [2], savoir : Eb. = 155°-158°, $n_D^{22} = 1,4432$, $d_4^{23} = 0,912$, $R_M = 32,57$ (théorie : 32,34); semicarbazone, F. = 143°.

J'ai traité la cétone ainsi préparée par le pentachlorure de phosphore, ce qui m'a fourni un mélange des chlorures $C^5H^9.CCl^2.CH^3$ et $C^5H^9.CCl = CH^2$, que j'ai soumis directement à l'action de l'amidure de sodium suivant la méthode de Bourguel [3]; j'ai obtenu finalement 8^g de *cyclopentylacétylène* à partir de 450^g de cyclopentanol. Ce carbure est un liquide légèrement jaune, à odeur acétylénique, il précipite en blanc le nitrate d'argent alcoolique, en jaune clair le chlorure cuivreux ammoniacal et donne avec l'amidure de sodium un dérivé sodé rouge brique. Voici ses constantes : Eb. = 107-109°, $n_D^{18} = 1,4505$, $d_4^{22} = 0,825$, $R_M = 30,62$ (théorie : 30,32). Le spectre Raman montre qu'il se forme en outre un peu (1 pour 100 environ) de cyclopentyléthylène.

La même suite d'opérations, à partir du cyclohexanol, m'a permis

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 3235.
(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 807.
(3) *Thèse*, Paris, 1925.

d'obtenir le *cyclohexylacétylène*, avec un rendement très supérieur (30^g de carbure pour 500^g de cyclanol); celui-ci avait déjà été préparé par Darzens ([1]), en faisant agir la potasse sur le cyclohexyléthylène chloré dérivant lui-même de la cyclohexylméthylcétone, mais cet auteur l'avait incomplètement décrit (Eb. = 130-132°); ses autres constantes sont : $n_D^{23} = 1,4558$, $d_4^{23} = 0,832$, $R_M = 35,23$ (théorie : 34,94); je n'ai pas observé dans ce cas la formation de composé éthylénique.

J'ai ensuite méthylé ces deux composés, avec l'amidure de sodium et le sulfate diméthylique, suivant la technique indiquée par Bourguel ([2]), ce qui m'a donné 4^g de chacun des deux composés, soit un rendement de 50 pour 100.

Le méthylcyclopentylacétylène (*cyclopentyl-1-propyne-1*) est un liquide légèrement jaune, il ne précipite plus le nitrate d'argent, ni le chlorure cuivreux. Constantes : Eb. = 142°-143°, $n_D^{22} = 1,4636$, $d_4^{22} = 0,843$, $R_M = 35,30$ (théorie : 34,94).

Le méthylcyclohexylacétylène (*cyclohexyl-1-propyne-1*) est complètement incolore; il est exempt, lui aussi, d'acétylénique vrai. Eb. = 162°-164°, $n_D^{22} = 1,4682$, $d_4^{22} = 0,851$, $R_M = 39,85$ (théorie : 39,56).

J'ai préparé d'autre part le *cyclohexyl-4-butyne-3-ol-2*,

$$C^6H^{11}.C{\equiv}C.CHOA.CH^3,$$

en faisant réagir l'aldéhyde éthylique sur le dérivé magnésien du cyclohexylacétylène.

Le produit obtenu est un liquide très visqueux, à odeur agréable fruitée, dont les constantes sont les suivantes : Eb. = 110°-114° sous 14^{mm}; $n_D^{21} = 1,4790$, $d_4^{21} = 0,952$, $R_M = 45,45$ (théorie : 45,703).

L'examen des spectres Raman de ces cinq composés vérifie la structure attribuée à chacun d'eux.

---

(1) Darzens et Rost, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 682.

(2) *Loc. cit.*

PÉTROGRAPHIE. — *Relations entre la structure originelle de la phase dispersée des sols originels et la transformation cristalline et métasomatique des sédiments.* Note (¹) de M. **J. P. Arend**, présentée par M. Barrois.

Dans nos études sur la constitution des minerais ferrugineux, nous avons démontré la possibilité de reconstituer, à partir des sols originels, la composition chimique de n'importe quel sédiment ferrugineux et calcareux qui rentre dans la constitution des couches de remplissage du bassin de Briey. Et comme toutes les variations chimiques des sédiments s'obtiennent en soumettant un sol originel quelconque à l'effet d'un potentiel d'oxydation ou de réduction ou d'un potentiel mixte d'oxydation-réduction, il devient possible de rapporter la composition chimique d'un sédiment quelconque à l'état spécifique du sol qui remplissait la cuve toarcienne au moment de la floculation.

Pour bien interpréter ce phénomène et aussi pour comprendre les conséquences qu'il entraîne, nous posons d'abord que tout sol originel, dans les conditions de la cuve toarcienne, se trouvait et devait se trouver, pendant une phase courte et unique dans la vie du sol, sous l'effet exclusif d'un potentiel d'oxydation. Ce fait ne pouvait se présenter que dans les zones encadrant les fentes nourricières. Chaque fois, et dans chacune de ces zones, se formait le sédiment le plus riche en fer et le plus pauvre en calcaire. Le précipité correspondant est toujours amorphe et toujours formé de particules non polaires. Un tel sédiment, ne pouvant se prêter dans la phase métasomatique à l'accomplissement de réactions « réversibles », ne peut non plus participer à la formation d'oolithes. Et, en réalité, les précipités correspondants et analogues ne se sont jamais oolithifiés. Dans toutes les zones d'émergence de la cuve toarcienne, ils évoluaient vers la recristallisation pure et simple, formant des hématites ou bien des magnétites au cas où les eaux réductrices d'infiltration persistaient dans la phase métasomatique.

A mesure que les sols naturels s'éloignaient des fentes nourricières, ils se mélangeaient avec des sols vieillis, contaminés de principes de putréfaction organique. Dans cet état de réduction, la tension superficielle des particules $\boxed{Fe^2O^3}$ diminue et une adsorption polaire devient possible.

(¹) Séance du 2 juillet 1934.

A partir de ce moment, des micelles concourent avec les granules pour former des sédiments dont les constituants à double couche se prêtent, dans la phase métasomatique, toujours aux réactions réversibles et par là à la formation d'oolithes. C'est donc l'état de floculation du sol qui décide si le gel ferrugineux ira former de l'hématite ou bien un minerai oolithico-calcareux. C'est ce que nous allons démontrer.

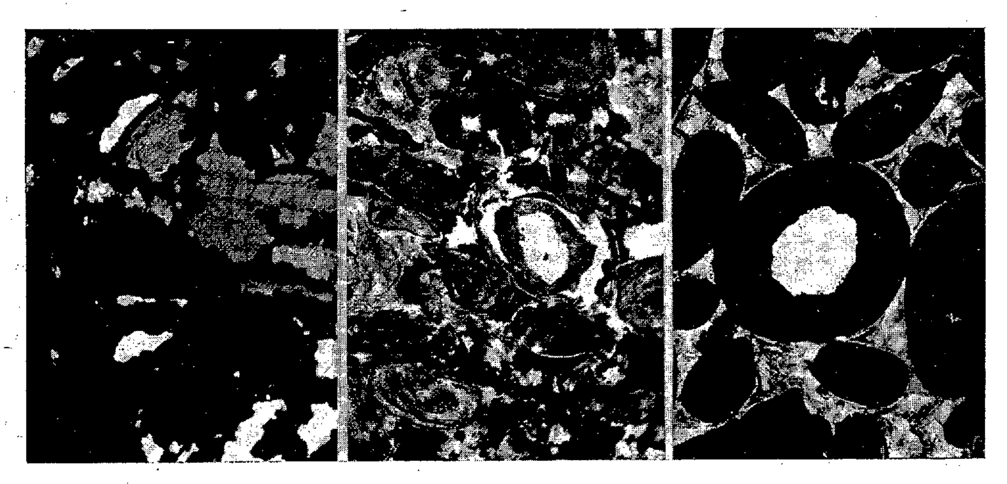


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — Structure du sédiment déposé à 100^{m} de la fente nourricière. Dans le sol correspondant, l'effet du potentiel d'oxydation est prédominant. La phase dispersée, de constitution amorphe et non polaire, évoluait dans la phase métasomatique par une recristallisation suivie d'une réduction vers la magnétite.

Fig. 2. — Structure du sédiment métasomatosé à 250^{m} de la fente nourricière. État de transition déterminé par l'effet simultané du potentiel d'oxydation-réduction du sol originel. Les particules Fe^2O^3 soudées ont formé, dans la phase métasomatique, de la magnétite, tandis que les particules à double couche (micelles) ont migré dans les amas oolithiques.

Fig. 3. — Structure du sédiment métasomatosé à 400^{m} de la fente nourricière. L'effet de réduction était prédominant dans le sol originel. La phase dispersée était entièrement formée de particules à double couche, capables d'entretenir des réactions réversibles dans la phase métasomatique. De ce chef, la migration des micelles devenait complète et la formation d'oolithes intégrale.

Les figures 1, 2 et 3 représentent la structure de trois spécimens de minerais prélevés au même niveau géologique, mais à 100, 250 et 400^{m} de distance de la fente nourricière du système dont l'emplacement est marqué par la faille Médiane. Les relations entre la composition chimique des minerais, d'une part, et l'état de floculation, d'autre part, se mettent en évidence comme suit :

	Minerai à		
	100m de la fente nourricière. (*fig.* 1).	250m de la fente nourricière. (*fig.* 2).	400m de la fente nourricière. (*fig.* 3).
SiO^2	2,40	9,96	9,20
FeO	30,46	16,50	0,91
Fe^2O^3	45,00	50,17	58,57
CaO	2,96	3,78	9,30
P^2O^5	1,03	2,15	1,99
Fe total	53,23	49,28	41,71

Pour les particules $CaCO^3$ les phénomènes s'intervertissent.

Les vitesses d'association entre granules alcalino-terreux étant minima sous l'effet du potentiel de réduction, le sédiment polaire habilitant à l'oolithification ne peut se former que dans les zones d'émergence des sols originels ou encore dans des eaux peu profondes et bien aérées, tandis que le sédiment amorphe et facilement recristallisable ne peut se former que sous l'effet du potentiel de réduction et de préférence dans les eaux profondes.

Dans ces conditions, l'oolithe calcareux ne peut jamais se former à côté de l'oolitge ferrugineux.

GÉOLOGIE. — *La tectonique de la région située au nord de Grasse.* Note de M. **Jean Goguel**, transmise par M. L. de Launay.

Le plateau jurassique qui s'étend à l'est de Grasse jusqu'à Antibes, vient reposer, sans aucune complication, sur le Rhétien et le Trias qui forment un anticlinal autour du Bar. Cet anticlinal fournit une bonne coupe stratigraphique du Trias supérieur, coupe que l'on retrouve avec les mêmes caractères jusqu'à Draguignan, vers l'Ouest. Entre les marnes à gypse sont intercalés quelques horizons d'une dolomie blanche, souvent friable et polyédrique, qui ne présente aucune trace de broyage; tous les passages existent entre elle et les marnes encaissantes. Ces dolomies doivent, sans aucun doute, être attribuées au Trias et non à un Hettangien en position anormale.

Au nord de l'anticlinal triasique du Bar, la coupe de la vallée du Loup montre une série jurassique complète et normale, jusqu'au Jurassique supérieur, recouvert de Cénomanien, à Gourdon et au Saut du Loup. Les falaises qui dominent le Bar permettent une observation très précise :

aucun accident tectonique ne vient troubler la régularité de cette série.

Plus à l'ouest, entre Grasse et Bargemon, un certain nombre de contacts anormaux ont été figurés assez exactement par Zürcher sur les feuilles de Nice et de Castellane. Ce sont des chevauchements vers le Sud, tous limités en direction. En particulier, le plus oriental (la Marbrière) n'atteint pas, on l'a vu, la vallée du Loup. Dirigés N-E à l'Ouest, S-E à l'Est, ces accidents dessinent une sorte d'auréole autour du massif cristallin du Tanneron qui paraît avoir joué le rôle de môle résistant.

Le chevauchement, vers le Sud, du plateau de Caussol est plus long que ces accidents : il se suit sur 45^{km}, de l'enracinement à Escragnolles jusqu'au Pont Charles-Albert. Il est bien daté, grâce à la présence de mollasse miocène à Tourette et à Vence, impliquée dans le chevauchement sur une longueur de 15^{km}. La coupe du Loup montre que l'amplitude du chevauchement dépasse 5^{km}, dont 3 sur le Miocène.

Le chevauchement de l'Audibergue qui domine Caussol, n'a que 25^{km} de longueur. Il s'enracine à l'Ouest près de Séranon et ne dépasse pas le Loup : vers l'Est, on le voit passer à une flexure et la vallée du Loup donne une coupe admirable de la charnière synclinale.

Un certain nombre de failles affectent le profond synclinal crétacé de Gréolières, mais n'empêchent pas d'observer, en de nombreux points, la succession normale du Jurassique supérieur, du Néocomien et du Cénomanien sur ses deux flancs, tant au Nord (ouest de Courségoules) qu'au Sud (ouest de Gréolière, Courségoules). A l'Est, ce synclinal ne dépasse pas Bezaudun.

Parfois légèrement chevauchant sur son bord Sud, l'anticlinal du Cheiron est toujours en contact normal avec le synclinal crétacé qui lui fait suite au Nord. Près de Vegay, cette série est renversée au delà de la verticale, mais sans cesser d'être absolument continue. De part et d'autres de cette charnière de Vegay, le pendage devient beaucoup plus faible; sur 50^{km} et, malgré le léger renversement de la partie centrale, le Jurassique et le Crétacé du flanc Nord du Cheiron constituent une série absolument régulière et continue qui se termine periclinalement à la Bâtie.

Tous ces accidents présentent un certain nombre de caractères communs qui se retrouvent dans toute la région située plus à l'Ouest, vers Castellane et jusqu'à Digne. Ces plis présentent fréquemment des décollements à la base du Jurassique, avec un chevauchement, toujours vers le Sud, d'amplitude limitée et limitée également en direction.

Tous ces mouvements étroitement apparentés datent du Miocène

supérieur, comme on le voit directement à Tourette et à Vence et dans les environs de Digne. Les mouvements antérieurs, c'est-à-dire les mouvements pyrénéo-provençaux post-lutétiens, si importants dans la Basse-Provence, ne se traduisent ici que par des ridements peu accentués, tels que celui qui, près de Roquestéron, rend le Nummulitique discordant sur le Crétacé et le fait même reposer en transgression sur le Jurassique, mais ils n'ont produit aucun accident tectonique important.

MÉTÉOROLOGIE. — *Le front polaire et la formation des typhons.* Note de M. **Ch. Poisson**, présentée par M. Ch. Maurain.

Dans une Note précédente, nous avons insisté sur l'intérêt que présente l'étude de toutes les perturbations atmosphériques tropicales, sans négliger les formes les plus atténuées qui sont fréquentes. Cette recherche est indispensable, si l'on veut prévoir et annoncer à temps des coups de vent, et de véritables typhons à très petit diamètre, formés à proximité immédiate des côtes de Madagascar, et dangereux pour la navigation comme pour les populations côtières quelques heures après leur naissance.

Dans plusieurs cas suivis par nous en 1934, des dégâts sérieux furent produits par des tourbillons dont la formation ne paraissait pas remonter à plus de 36 heures. Un cyclone destructeur a frappé l'île de Mayotte, causant des ravages à Dzaoudzi le 19 février (baromètre 733^{mm}, anémomètre arraché, pylône de T.S.F. tordu et renversé, etc.); or, cette tempête tournante, de diamètre extrêmement restreint, s'était développée en moins de 48 heures.

L'hypothèse qui jusqu'ici s'est montrée la plus féconde envisage ces perturbations tourbillonnaires comme des phénomènes dûs à un front de rencontre entre mousson et alizé.

Il est facile de rattacher les vagues d'air froid avec hausse barométrique et renforcement de l'alizé à un courant dérivé du front polaire austral, front qui, pendant la saison chaude, se trouve franchement au sud de Madagascar. Ces courants dérivés, qui souvent se succèdent à intervalles de 6 à 8 jours, passent parfois sur la côte de l'Afrique portugaise sans intéresser nettement Madagascar; plus fréquemment leur trajet se fait par le sud et l'est de la grande île, en remontant sur les Mascareignes. Une mousson nord-ouest existe à cette époque entre les Seychelles et le nord de Madagascar. Par des considérations théoriques, V. Bjerknes a naguère décrit un *front* de rencontre entre alizé et mousson, et noté que les con-

ditions d'entretien d'un tourbillon stable étaient réalisées seulement lorsque la surface de séparation coupe le sol. Nous avons personnellement cherché à rattacher à la mousson les courants supérieurs d'ouest ou nord-ouest fréquents à Madagascar, en saison chaude. Cette opinion se heurte à des difficultés d'interprétation qui semblent sérieuses : nous observons en effet des courants de nord ou d'ouest en altitude, non seulement en saison chaude, mais encore à des époques intermédiaires, où la mousson n'est pas visible en surface dans les stations les plus septentrionales de notre réseau. Cependant la notion de front est particulièrement utile pour l'évolution du tourbillon. Le cyclone tropical, quel qu'en soit le diamètre, suit en effet étroitement la bordure du courant dérivé du front polaire, et sa trajectoire se déforme en même temps que cette bordure est elle-même déformée ou refoulée.

Nous sommes ainsi conduits à envisager, non pas un front ou pseudo-front quasi permanent, mais des fronts essentiellement temporaires et passagers. Ce *front de mousson* existe seulement au moment et dans la région où le courant dérivé heurte la mousson près de la surface de la mer. A partir de ce moment, ce front existe aussi longtemps que la mousson réagit sur l'alizé.

On pourrait se demander jusqu'à quel point la notion de front ainsi conçue peut encore se réclamer des travaux de V. Bjerknes et si elle ne s'apparenterait pas plus légitimement aux analyses de F. Exner et des météorologistes autrichiens.

Nous l'exposons simplement comme une hypothèse de travail qui nous a rendu des services dans l'ordre des applications pratiques, permettant de grouper et de coordonner les observations de détail, et d'aboutir à une prévision du temps satisfaisante.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la variation diurne des atmosphériques pendant la nuit polaire.* Note de MM. **M. Douguet** et **R. Bureau**, présentée par M. Ch. Maurain.

On sait que le caractère principal et universel des parasites atmosphériques est de présenter un maximum nocturne qui est particulièrement accentué sur les fréquences d'environ 30 Kc/s (10000^{m}). Ce maximum est attribuable à la nuit qui favorise la propagation des ondes provenant de sources très lointaines.

Les enregistrements assurés sur 27 Kc/s par la station française de l'Année Polaire au Scoresby Sund (¹) donnent des renseignements sur ce que devient cette variation diurne quand disparaît l'alternance du jour et de la nuit, ce qui est le cas dans les régions de haute latitude, pendant la nuit polaire. Voici ce que l'on constate :

Un maximum quotidien se produit aux heures où la dépression du soleil est la plus grande. Il est comparable au maximum nocturne des régions tempérées. Il s'établit en deux étapes : *a*. une première montée de la courbe se manifeste à des heures variables (entre 15^h30 et 19^h TMG) (première apparition); *b*. une deuxième montée, souvent très vigoureuse, de la courbe, se produit à une heure très peu variable (vers 21^h TMG) (deuxième apparition). La disparition des atmosphériques quasi-nocturnes s'observe le plus souvent entre 9^h et 11^h TMG.

Dans les tableaux ci-après, le nombre de la seconde ligne indique combien de fois l'apparition (ou la disparition) a été observée au cours de la demi-heure qui encadre l'heure correspondante de la première ligne.

TABLEAU I.

(Portant sur 36 diagrammes quotidiens et sur 17 apparitions nettes.)

Première apparition.

15^h30^m.	16^h.	16^h30^m.	17^h.	17^h30^m.	18^h.	18^h30^m.	19^h.
1	1	2	1	4	3	1	3

TABLEAU II.

(Portant sur 36 diagrammes et 26 apparitions nettes.)

Deuxième apparition.

19^h30^m.	20^h.	20^h30^m.	21^h.	21^h30^m.	22^h.
0	0	2	14	9	1

TABLEAU III.

(Portant sur 37 diagrammes et 32 disparitions nettes.)

Disparition.

7^h30^m.	8^h.	8^h30^m.	9^h.	9^h30^m.	10^h.	10^h30^m.	11^h.	11^h30^m.	12^h.	12^h30^m.
2	1	0	5	5	9	5	4	0	0	1

(¹) La station disposait de deux enregistreurs accordés sur 27 et sur 12 Kc/s (11000^m et 25000^m). Le premier (27 Kc/s) fut mis en service le 16 décembre 1933 (la nuit polaire dure au Scoresby Sund du 21 novembre au 21 janvier). Ces enregistreurs étaient du type employé en France (radiocinémographe donnant le nombre par minute d'atmosphériques dépassant un seuil fixe).

Si l'on rapproche ces résultats de ceux fournis par les enregistrements goniométriques de Paris à la même époque, on constate que l'heure la plus fréquente pour la seconde apparition du Scoresby-Sund est également l'heure la plus fréquente de l'apparition à Paris d'une source au Sud-Ouest.

La simultanéité de ces apparitions confirme l'explication déjà donnée par l'un de nous ([1]) de la régularité des directions nocturnes à Paris : les atmosphériques apparaissent au moment où la nuit commence à atteindre les sources, ce qui place la limite orientale de celles-ci à l'est du Brésil.

La première apparition, beaucoup plus incertaine et plus irrégulière que la seconde, au Scoresby-Sund comme à Paris, est vraisemblablement attribuable à des sources africaines ([1]).

Mais les résultats du Scoresby-Sund sont surtout intéressants en ce qui concerne le moment de la disparition et la raison de celle-ci. On peut l'attribuer soit à une disparition des sources elles-mêmes, soit à l'arrivée du jour sur les sources, soit à l'arrivée du soleil au zénith du Scoresby-Sund à l'altitude des couches ionisées ([2]). Après discussion de ces trois hypothèses, nous avons été amenés à conclure en faveur de la seconde. Il semble à peu près démontré en effet aujourd'hui que, d'une part, les sources très lointaines ne se manifestent que lorsque la nuit recouvre tout le trajet des ondes et que, de plus, les sources mondiales quotidiennes sont localisées aux continents ([3]). Or les heures de disparition observées au Scoresby-Sund correspondent au moment où tout le continent américain au Sud du 15° de latitude Sud vient d'entrer dans l'hémisphère éclairé. Les sources s'étendraient donc dans les régions tropicales au Sud d'une ligne allant du Brésil oriental aux côtes du Pacifique (Sud du Pérou).

Si cette hypothèse se vérifie, les enregistrements d'atmosphériques dans la nuit polaire prennent un grand intérêt, car ils permettent d'obtenir une vue d'ensemble sur la répartition des sources mondiales dans l'hémisphère dont la station d'enregistrement est le pôle. Les heures d'apparition et de

---

([1]) R. Bureau, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2073.

([2]) Cette dernière hypothèse a été adoptée par J. Lugeon pour expliquer les heures de disparition des atmosphériques à l'île des Ours pendant l'Année polaire (*Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1712). A notre avis, cette disparition relève plutôt du sondage horizontal que du sondage vertical. Voir, d'autre part, R. Bureau, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1426.

([3]) Voir entre autres : Round, Eckersley, Tremellen, Lunnon, *Journ. inst. élect. eng.*, 63, 1925, p. 933; R. A. Watson Watt, *Union radioscientifique internationale*, Bruxelles, 2, 1928, fasc. 1, p. 119; R. Bureau, *La Météorologie*, 1931, p. 210.

disparition du maximum quotidien dépendent en effet de l'arrivée de la nuit ou du jour sur les sources, puisque le récepteur reste, lui, constamment dans la nuit.

BOTANIQUE. — *Un cas singulier de transformation de bulbes en rhizomes drageonnants.* Note (¹) de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. L. Blaringhem.

Un bulbe est un axe court, dépourvu d'entre-nœuds, porteur de feuilles chargées de réserves. Mlle Versluys, puis moi-même (²), avons montré que le caractère général des bulbes des Liliacées est de s'accroître par un cambium, ou assise génératrice, situé dans le plateau, sous la base des feuilles

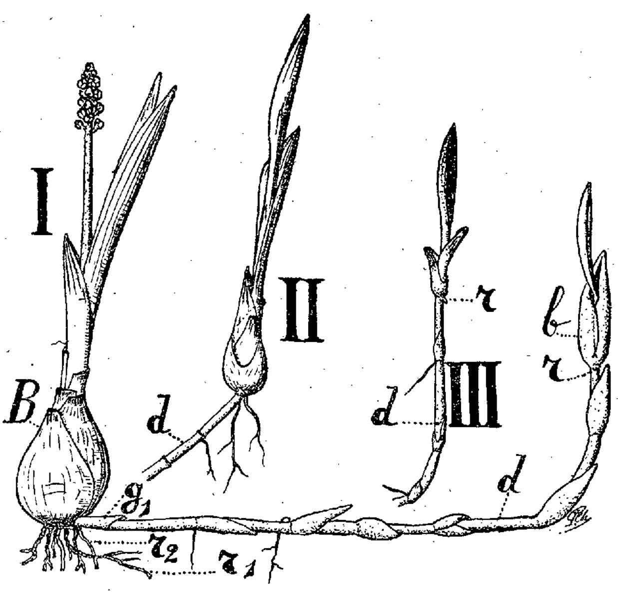


Fig. 1. — *Scilla Adlami*. I et II : Bulbe adulte (B) émettant un long drageon (*d*) qui se transforme en bulbe (*b*) à son extrémité; g_1, première gaine du drageon; r, r_1 et r_2, racines III : Bulbe à sa deuxième année, encore porté sur le drageon dénudé qui lui a donné naissance.

tubérisées. Je ne crois pas qu'il y ait, jusqu'ici, d'exemple connu de transformation de tels bulbes en rhizomes allongés et sans cambium :

(¹) Séance du 2 juillet 1934.

(²) Martha C. Versluys; *Verh. d. Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam, Afd Nat.*, Dl. 25, n. 4, 1927; Pierre Chouard, *Thèse*, Paris 1930, et *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 13, 1931, p. 183.

Cependant, à mon passage à Kew Gardens (Angleterre), M. le Professeur Cotton m'ayant remis très obligeamment des exemplaires vivants de *Scilla Adlami* Bak. reçus récemment des Monts Drakensberg (Natal), j'ai eu la surprise de constater que cette plante émettait de longs rhizomes drageonnants, munis d'écailles distantes, et reproduisant des bulbes à leur extrémité. Il semble que ce soit là le mode normal de propagation végétative de cette espèce. En recherchant ensuite avec soin dans les échan-

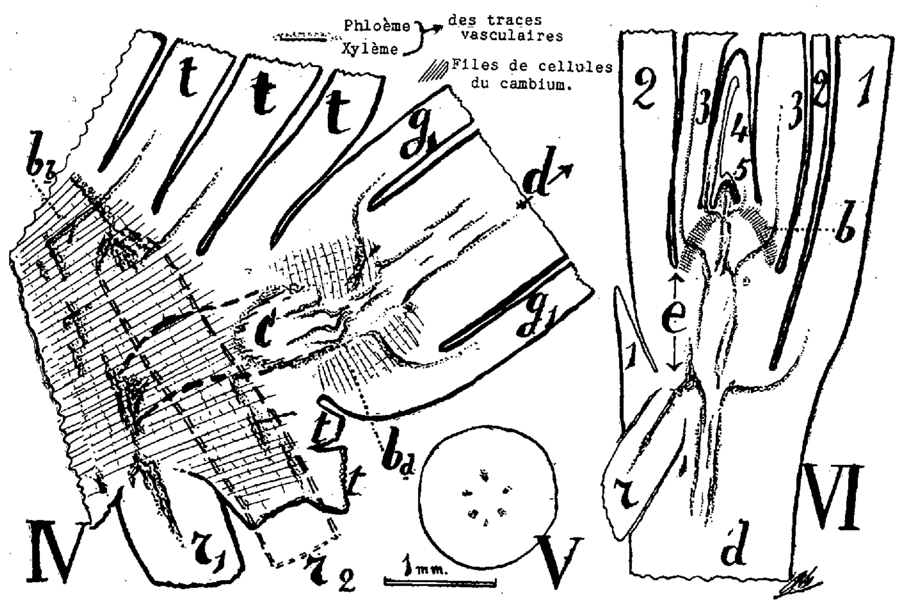


Fig. 2. — *Scilla Adlami*. IV : Coupe longitudinale du fragment d'un bulbe adulte émettant un drageon *d*, entre les tuniques et écailles (*t*) du bulbe; *c*, cylindre central du drageon se raccordant (hors du plan de la coupe, en pointillé) sur un des faisceaux récurrents du bulbe, en contournant une racine récente (r_2). Remarquer le cambium du bulbe adulte (b_b), et celui qui se trouve à la base de drageon (b_d). V : Coupe transversale du drageon, dans un entre-nœud. VI : Coupe longitudinale de l'extrémité d'un drageon se transformant en bulbe. 1 à 5, tuniques successives du jeune bulbe; *e*, dernier entre-nœud, entre 1 et 2; *b*, cambium du futur plateau.

tillons d'herbier, j'ai découvert un autre cas semblable, un exemplaire de *Scilla Tysoni* Bak., des environs du Cap, émettant aussi un drageon.

A l'examen anatomique, j'ai vu que ces drageons prennent naissance à l'aisselle d'une écaille externe du bulbe-mère. Ils sont d'abord semblables à un caïeu axillaire, ébauchant la formation d'un cambium sous l'insertion de leur première tunique. Mais ensuite l'axe s'allonge en grands entrenœuds, le cambium ne se forme plus et il pousse un rameau souterrain et couché, semblable aux tiges propagatrices des Liliacées rhizomateuses.

Après 5 à 10 entre-nœuds, longs de 1 à 2^{cm}, il se forme un dernier entre-nœud très court, de 1^{mm} environ, puis l'axe ne produit plus que des tuniques serrées, sans aucun entre-nœud. En même temps le cambium réapparaît, esquissant le futur plateau du nouveau bulbe.

Cette observation inspire deux remarques principales :

1° les seules Liliacées bulbeuses formant des drageons se trouvent appartenir à la section *Ledebouria* des *Scilla* de l'Afrique australe; elles ressemblent aux Liliacées rhizomateuses, non seulement par leurs drageons, mais par la succession annuelle de leurs feuilles, des plus courtes aux plus longues, contrairement aux autres *Scilla*. Cette association de caractères de plantes à bulbes et de plantes à rhizomes allongés se rencontre précisément dans l'Afrique du Sud, région du globe qui semble avoir été le centre de formation, puis de foisonnement et de dispersion des Scillées. Il est donc possible de considérer *S. Adlami* et *S. Tysoni* comme des reliques probables de l'origine des plantes à bulbes, ayant gardé quelques traits de leurs ancêtres à souches allongées.

2° jusqu'ici, les circonstances qui ont présidé à la formation des plantes à bulbes échappaient totalement à l'expérimentation : il était impossible de transformer un rhizome allongé en bulbe, ou de faire s'allonger l'axe d'un bulbe autrement que pour fleurir. Désormais, *Scilla Adlami*, fournira un matériel expérimental qui laisse entrevoir la possibilité de préciser les conditions, ou même les mécanismes, intervenant dans la formation des bulbes.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Différences entre les électrisations de diverses variétés de bacilles tuberculeux*. Note de Mlle **N. Choucroun** et M. **Harry Plotz**, présentée par M. Jean Perrin.

1. C'est un fait bien connu que les microbes en général, et le bacille tuberculeux en particulier portent une charge électrique négative. On a souvent cru déterminer cette charge par *l'observation microscopique de l'électrophorèse*. En fait, la seule variable expérimentale, dans l'électrophorèse, c'est la mobilité de la particule, mobilité due à son électrisation qui, en chaque point de la surface se mesure, non par la densité électrique σ (comme on le croit parfois), mais par le moment électrique σd de la couche double superficielle (d'épaisseur d) qui se réalise en général au contact de la particule et du liquide où elle est plongée.

Pour des particules inertes, constituées par une substance homogène,

σd est uniforme, et peut être calculé, en fonction de la mobilité (du moins pour des sphérules). Pour des éléments *vivants*, comme les bactéries et certaines levures, nous avons déjà constaté ([1]) une répartition hétérogène de l'électrisation se traduisant par une orientation polarisée du bâtonnet bacillaire dans le champ; de plus le calcul fait pour des sphérules doit s'appliquer assez mal à ces bâtonnets; si bien que nous pouvons caractériser, seulement par leur mobilité dans le champ l'importance de l'électrisation des bactéries. Nous savons que la mobilité vraie se détermine dans la région où le liquide a une vitesse nulle, et que la mobilité apparente au centre de la cuve, permet de calculer le moment électrique de la paroi).

Dans la plupart des expériences relatives à l'électrophorèse microscopique, on s'est placé dans des conditions mal définies où, en particulier, le milieu soumis à l'électrophorèse devait être rapidement modifié par les ions H et OH qui se forment aux électrodes, et qui progressent dans le champ avec des mobilités plus grandes que celles de tous autres éléments chargés (environ 5 fois pour H). Il est au reste possible, au contraire de ce qui se produit pour des particules inertes, que ces ions modifient peu l'électrisation superficielle des bactéries *vivantes* (qui semblent défendre l'état de leur surface), mais tant que ce point, important, ne sera pas élucidé, on ne peut accorder une valeur certaine aux résultats obtenus jusqu'ici.

2. Il nous a paru intéressant d'étudier par la méthode correcte et commode décrite par l'un de nous ([2]), la mobilité vraie des bacilles tuberculeux dissociés (variétés S et R) souches isolées et étudiées par Birkhaug ([3]) et qui allient à des propriétés morphologiques différentes d'où elles tirent leur nom (smooth et rough) des propriétés biologiques non moins différentes, la souche R étant virulente, et la souche S était peu virulente. Nous avons de plus voulu voir si la mobilité des bacilles variait pour une même culture, avec l'âge de la culture.

Les variétés R et S des bacilles tuberculeux dissociés de deux souches humaines, d'une souche bovine, et de BCG, ont été ensemencées sur pommes de terre par M. Birkhaug qui prélevait avec soin une petite quantité de culture qu'on mettait directement en suspension dans de l'eau

---

([1]) N. Choucroun, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 36.

([2]) N. Choucroun, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 36; 196, 1933, p. 777.

([3]) *Ann. Ins. Pasteur*, 41, 1933, p. 428; *C. R. Soc. Biologie*, 113, 1933, p. 814.

physiologique de pH 7,2 *sans laver les bactéries* (contrairement à ce qui est généralement fait) lavage susceptible d'altérer la surface de la bactérie vivante que nous voulons précisément étudier. On introduisait l'émulsion dans la cuve à électrophorèse puis on établissait le champ, de l'ordre de 10 volts/cm.

3. Nous pensions, comme avec des particules inertes, pouvoir déterminer rapidement la *mobilité des bactéries* mais nous avons été frappés, par des différences très grandes de mobilité entre les différents bacilles d'une même émulsion, la mobilité pouvant varier de 1 à 10 (cela encore montre l'incertitude des chiffres jusqu'ici publiés). Néanmoins la majorité des bacilles ont des mobilités voisines, se répartissant autour d'une mobilité fréquemment rencontrée. C'est cette *mobilité prépondérante*, suggérée par un examen attentif, confirmée par une trentaine de déterminations, que nous avons prise pour caractériser l'émulsion.

4. Mais les statistiques précises faites dans deux cas (Bovin Vallée et B. C. G.) et portant sur quelques centaines de déterminations, ont montré que les chiffres inscrits dans le tableau suivant (où les colonnes se rapportent respectivement aux cultures âgées de 1, 2, 3, 4 semaines) et désignant la mobilité la plus probable (exprimée en μ/sec dans un champ de 1 volt/cm) peuvent être entachés d'erreurs de plus ou moins 20 pour 100.

Mobilités des variétés R *et* S *des bacilles tuberculeux dissociés des types.*

Humain (Ratti)...	R......	0,6	0,8	1,1	0,8
	S......	0,5	0,5	0,4	0,4
Humain (Anna)...	R......	0,5	1,1	0,7	0,6
	S......	0,45	0,6	0,5	0,5
Bovin Vallée......	R......	0,8	0,8	1,0	0,55
	S......	0,4	0,4	0,4	0,4
B. C. G..........	R......	0,45	0,6	1,1	0,7
	S......	0,4	0,5	0,3	0,5

On peut lire sur ce tableau :

1° que la mobilité est toujours à peu près la même pour les souches S quelle que soit leur origine, et quel que soit aussi l'âge de la culture;

2° que la mobilité n'est pas la même pour les souches R d'origines différentes et que cette mobilité varie avec l'âge de la culture, passant généralement par un maximum vers la troisième semaine;

3° et enfin que la mobilité pour les souches R est toujours supérieure à celle des souches S correspondantes.

Ce dernier résultat indique une électrisation plus importante quand la virulence est plus grande. Ceci en accord avec l'hypothèse émise puis confirmée par Falk et ses collaborateurs ([1]) dans le cas du pneumocoque virulent, qui porterait une charge plus grande que les souches non virulentes.

MICROBIOLOGIE. — *Action à distance du bactériophage staphylococcique sur le staphylocoque.* Note de M. **Iwo Lominski**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons employé dans nos expériences deux souches de bactériophages antistaphylococciques, dont une souche originale de Twort. Des staphylocoques provenant d'une jeune culture sur gélose étaient mis en suspension à raison d'une anse dans 10^{cm^3} de bouillon, puis additionnés de bactériophage. Après une lyse complète (d'habitude 24 heures), on filtrait sur bougie Chamberland L3. La stérilité du filtrat était vérifiée par ensemencement sur gélose. Le filtrat ainsi obtenu servait immédiatement après comme *émetteur*. Trois suspensions en bouillon de différentes densités, faites avec des staphylocoques provenant d'une culture sur gélose âgée de 6 à 18 heures, servaient de *détecteur*. Pour faire les suspensions, nous avons employé parallèlement du bouillon ordinaire et du bouillon dilué de moitié.

Le dispositif pour l'exposition consistait en deux anneaux en verre superposés et séparés par une lamelle en quartz plus grande que les anneaux. L'anneau inférieur était posé sur une lame en verre et scellé à la paraffine. Le fond de l'anneau supérieur était formé par la lamelle en quartz également scellée à la paraffine. Les bords libres des anneaux étaient enduits de vaseline. L'anneau supérieur contenant le *détecteur* était recouvert d'une lamelle en verre. Dans les expériences témoins, la lamelle en quartz était remplacée par une lamelle en verre ou bien l'anneau inférieur contenait de l'eau physiologique au lieu de bactériophage. La distance entre l'*émetteur* et le *détecteur* variait de 2^{mm} à 5^{mm}. L'épaisseur de la lamelle en quartz était de $0^{mm},4$. Il y avait toujours une mince couche d'air entre le bactériophage et la lamelle en quartz. La couche du *détecteur* ne dépassait pas 5^{mm}. L'exposition se faisait à l'étuve à 37°. La durée de l'exposition

([1]) Jordon et Falk, *The newer knowledge of Bacteriology and Immunology*, p. 565. University of Chicago Press.

variait entre 15 minutes et 4 heures. L'évaluation de l'effet mitogénétique se faisait par la numération du nombre de germes en boîtes de Petri. Suivant la densité de la suspension détectrice, on calculait ou le nombre total des colonies, ou 500 champs microscopiques par boîte. Chaque série comprenait trois boîtes dont on calculait la moyenne ([1]). Dans ces conditions d'expérience nous avons observé des différences considérables entre les suspensions exposées à l'action mitogénétique et les témoins. Voici les résultats brièvement résumés :

Une exposition d'une durée de 15 à 45 minutes donnait une augmentation du nombre de germes dans la suspension traitée. Après 15 minutes, l'effet mitogénétique était généralement environ de + 55 pour 100. Les plus hautes valeurs ont été obtenues après une exposition de 30 minutes (jusqu'à + 85 pour 100 en faveur de la suspension traitée).

Une exposition d'une durée de 60 minutes à 4 heures donnait une diminution du nombre de germes dans la suspension traitée par rapport au témoin. Cette dépression mitogénétique était habituellement de — 35 pour 100 après 65 minutes. Elle atteignait jusqu'à — 95 pour 100 après une exposition de 90 à 100 minutes.

Après 4 heures d'exposition, la dépression n'était plus si marquée, elle s'élevait à — 30 pour 100 environ. Si l'on prolongeait l'exposition au delà de 4 heures, la dépression s'effaçait lentement et le nombre de germes dans la suspension traitée augmentait. La suspension passait par une phase logarithmique normale.

Une seule fois sur 65 expériences, nous avons obtenu après 2 heures 30 minutes d'exposition une stimulation au lieu d'une dépression. Il faut noter que la phase latente (lag time) de cette suspension était beaucoup plus longue que d'habitude, comme il ressortait de la comparaison des témoins avec le nombre de germes déterminé au début de l'expérience.

La phase positive pendant laquelle l'irradiation provoquait une augmentation du nombre de germes dans la suspension traitée était d'autant plus longue que la phase latente de la culture était plus longue. Tous ces faits semblent concorder avec les observations de Wolff et Ras ([2]) sur l'irradiation mitogénétique des bactéries.

Les mêmes auteurs avaient déjà rapporté ([3]) que les filtrats de jeunes

---

([1]) Nous reviendrons sur la technique dans une étude plus complète.

([2]) *Zbl. f. Bakt. I. A. O.*, 123, 1932, p. 257.

([3]) *Zbl. f. Bakt. I. A. O.*, 128, 1933, p. 305.

cultures pouvaient exercer une action mitogénétique. Dans plusieurs expériences faites avec des filtrats de cultures de staphylocoque et de *Bacterium coli* de différents âges, nous avons pu confirmer ce fait. Remarquons que l'action des lysats était beaucoup plus intense que celle des filtrats.

On peut se demander quelle est la source de l'énergie mitogénétique des filtrats et des lysats. Nous avons pu trouver (¹) que les filtrats, et plus fortement encore les lysats de cultures, décomposaient, immédiatement après la filtration, l'eau oxygénée. Cette propriété disparaissait assez vite, surtout si les liquides en question étaient conservés à l'étuve avec accès d'air. Nous avons examiné quinze jours de suite le pouvoir mitogénétique du même échantillon de bactériophage conservé à l'étuve, parallèlement avec son pouvoir de décomposer l'eau oxygénée. L'activité mitogénétique du bactériophage semblait baisser, parallètement avec son activité catalasique. Les échantillons de bactériophages conservés longtemps à l'étuve ne nous ont donné aucun effet mitogénétique, en même temps leur teneur en catalase était nulle ou presque nulle.

On peut se demander si la disparition de la catalase en présence de l'air n'est pas sinon la cause même de l'énergie mitogénétique, tout au moins l'indice de réactions chimiques (oxydation) des produits de métabolisme et de la lyse des microbes, qui pourraient être la source de l'énergie mitogénétique des filtrats et des lysats.

Conclusion. — Dans nos conditions d'expérience, le bactériophage agissait à distance sur les microbes et cette action portait tous les caractères de l'induction mitogénétique. La source de cette induction est probablement due aux réactions chimiques ayant lieu aussi bien dans les filtrats que dans les lysats. La disparition progressive de la catalase de ces liquides paraît être un indice de ces processus.

INFECTIONS EXPÉRIMENTALES. — *Sur la sensibilité au paludisme des oiseaux* (Plasmodium relictum) *des divers peuplements raciaux du moustique commun,* Culex pipiens *L.* Note de MM. **Émile Roubaud** et **Jean Mezger**, présentée par M. F. Mesnil.

Les travaux récents de Clay G. Huff (²) aux États-Unis ont révélé chez le *Culex pipiens* l'existence d'une immunité individuelle à l'infection par

(¹) I. Lominski, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 839.

(²) *Amer. Journ. Hyg.*, 7, 1927, p. 706; *Ann. of Trop. Med. Paras.*, 23, 1929, p. 427; *Amer. Journ. Hyg.*, 19, 1934, p. 123.

différents Plasmodiums, agents du Paludisme des Oiseaux (*Pl. cathemerium*, *Pl. elongatum*, *Pl. relictum*). Dans un lot de moustiques expérimentalement gorgés sur des canaris fortement infectés, certains individus contractent une infection sporocystique abondante, tandis que d'autres se montrent plus ou moins totalement réfractaires à l'évolution des Plasmodiums. L'auteur américain a pu reconnaître qu'il s'agit là d'une propriété héréditaire, indépendante des conditions des repas infectants, ou d'une infection antérieure des moustiques, indépendante également de particularités anatomiques ou physiologiques de leur tube digestif. Il montre d'autre part que la sélection des individus immuns est susceptible d'aboutir à l'obtention de lignées de moustiques réfractaires à l'infection plasmodienne.

Les rapports étroits existant entre l'évolution des infections plasmodiennes des Oiseaux chez les Culex et celle des agents du Paludisme humain chez les Anophèles, confèrent à ces observations un intérêt très particulier. Nous avons tenté de les reprendre en partant de Culex bien définis par leurs types raciaux et leurs conditions habituelles de vie, ce que n'avait pas fait Clay G. Huff qui s'est servi de *C. pipiens* non caractérisés biologiquement.

A l'heure actuelle, dans l'espèce *C. pipiens*, trois races biologiques différentes, correspondant à trois types de peuplements, ont pu être caractérisées par l'un de nous (¹). Deux de ces types biologiques : le Culex rural *C. pipiens pipiens*, et le Culex de l'Afrique du Nord *C. pipiens berbericus*, moustiques de plein air et de jardins, exploitent largement les oiseaux vivant dans le voisinage de l'homme. Le troisième type racial, ou Culex autogène, est un moustique plus particulier au milieu urbain, se développant principalement dans les sous-sols des grandes collectivités. En raison de ces conditions de vie citadine et obscuricoles, ce moustique exploite beaucoup plus exclusivement l'homme et n'a plus guère avec la population aviaire que des rapports tout à fait lointains.

Nous avons étudié comparativement ces trois races au point de vue de leur susceptibilité relative aux infections produites par *Plasmodium relictum*.

Des lots de moustiques des différentes races et de diverses origines étaient nourris sur des canaris fortement infectés, dans des conditions aussi semblables que possible. Au sixième-septième jours de l'infection,

---

(¹) E. Roubaud, *Essai synthétique sur la vie du moustique commun* (Culex pipiens) (*Ann. Sc. Nat. Zool.*, 10ᵉ série, 16, 1933, p. 5-168).

à 25-28° C., les moustiques étaient sacrifiés et les sporocystes en cours de développement à la surface de l'estomac soigneusement dénombrés pour chacun des moustiques.

Les recherches ont permis de confirmer les résultats de Clay G. Huff, mais seulement pour les deux races de plein air : *C. pipiens pipiens* et *C. berbericus*. Ces deux types s'infectent très irrégulièrement, donnant respectivement dans nos expériences 32 et 48 pour 100 d'infections nulles ou très faibles, ne dépassant pas 5 sporocystes viables. La forme autogène, au contraire, s'infecte d'une façon absolument constante et régulière, donnant 100 pour 100 d'infections nettement caractérisées, supérieures à 10 sporocystes, sans qu'on ait pu noter aucune immunité individuelle.

Il résulte de ces données que le type biologique de *C. pipiens*, qui s'avère le plus constamment sensible à l'infection plasmodienne des oiseaux, est un *Culex* qui, par ses conditions spéciales d'adaptation profonde à l'homme, se trouve précisément le moins exposé à contracter cette infection. L'état partiellement réfractaire qui caractérise les races de *pipiens* les plus constamment et les plus anciennement exposées à l'infection plasmodienne, au contact des oiseaux, paraît bien correspondre à un résultat acquis d'immunité. On est, en effet, fondé à penser que les peuplements de moustiques se comportent à ce point de vue comme les peuplements humains : les plus anciennement exposés aux infections graves (paludisme, tuberculose, etc.) manifestent une sensibilité moindre que les populations habituellement soustraites à ces infections.

Il est permis de supposer que des phénomènes analogues d'immunité partielle pourront être de même observés pour les espèces ou races anophéliennes les plus habituellement exposées aux infections du paludisme humain. Peut-être l'innocuité relative de certaines espèces vivant en rapport étroit avec l'homme ne relève-t-elle pas d'autres causes.

La séance est levée à 15h25m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUILLET 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 197 (juillet-décembre 1933) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **E.-L. Bouvier** fait hommage à l'Académie du tome XVII, dixième série (Volume du Centenaire), des *Annales des Sciences naturelles*, *Zoologie*, dont il a écrit le premier article sous le titre *Les* Annales *depuis l'origine jusqu'à leur centenaire*.

M. **Theobald Smith** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Parasitism and Disease*.

NOMINATIONS.

MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** sont désignés à nouveau pour faire partie du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année 1934-1935.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Raymond Rollinat. *La vie des Reptiles de la France centrale.*

2° Ch. Pérez. *Les Pagures de Bernard l'Ermite.* (*Un exemple d'adaptation*). (Présenté par M. Mesnil.)

ARITHMÉTIQUE. — *Sur quelques nouveaux résultats en théorie analytique des nombres.* Note (1) de M. **J. Vinogradov**, présentée par M. Hadamard.

J'ai indiqué (2) que la méthode adoptée dans ce travail peut être appliquée à bien d'autres problèmes de théorie des nombres.

Voici de nouveaux résultats obtenus avec cette méthode :

1. Tout d'abord, nous pouvons donner une évaluation plus précise que dans le travail indiqué plus haut pour le nombre S dans la représentation d'un nombre entier N par la somme

$$N = x_1^n + x_2^n + \ldots + x_s^n,$$

où les x_k sont des nombres entiers positifs. Notamment pour $N \geqq N_0$ a lieu l'inégalité

$$S \leqq 2[n(n-2)\log 2 + 2n].$$

2. Le nombre des points entiers situés à l'intérieur d'une surface sphérique de rayon r peut être exprimé asymptotiquement par la formule

$$\frac{4}{3}\pi r^3 + O(c^{1,4+\varepsilon}),$$

où ε est une constante positive aussi petite que l'on voudra. Cette évaluation s'obtient sans avoir recours à l'inégalité de Weyl.

---

(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) *Nouvelle solution du problème de Waring* (en russe) (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*, n. s., 2, n° 6, 1934).

3. Soit $h(-\Delta)$ le nombre des classes des formes quadratiques du déterminant $-\Delta$. On a

$$h(-1)+h(-2)+\ldots+h(-m)=\frac{4\pi}{21\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^3}}m^{\frac{3}{2}}-\frac{2}{\pi}m+O(m^{0,7+\varepsilon}).$$

Cette formule s'obtient aussi sans avoir recours à l'inégalité de Weyl.

En faisant usage des inégalités de Weyl, on obtient pour les évaluations 2 et 3 un plus haut degré d'exactitude.

4. Avec la même méthode, on peut exprimer par exemple un nombre irrationnel avec une exactitude arbitraire par des fractions de la forme de a/xy ou, en général, de $a/F(x, y)$, où a est un entier et $F(x, y)$ un polynome défini par certaines conditions. Dans cette expression on peut prendre pour les nombres x et y une partie de l'ensemble des nombres entiers. Par exemple on peut se borner à ne prendre que les nombres premiers.

La méthode en question est basée sur la considération des sommes de la forme

$$\sum e^{2\pi i F(x,y)},$$

où x et y parcourent quelque ensemble défini de couples de valeurs entières contenus dans un domaine plan donné. La méthode peut être étendue au cas d'un nombre arbitraire de valeurs.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le principe ergodique dans les chaînes de Markoff à éléments variables.* Note [1] de M. **Emile Ostenc**, présentée par M. Hadamard.

M. Mihoc [2] a donné une condition suffisante pour que le principe ergodique [3] soit réalisé dans le cas d'une chaîne multiple de Markoff à éléments variables. Il est possible de donner des conditions plus précises.

Considérons d'abord le cas de la chaîne simple à éléments variables : un

(1) Séance du 2 juillet 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2135.

(3) Avec les notations ci-après, nous disons avec M. Kolmogoroff que le principe ergodique est réalisé lorsque, quels que soient α, i, i' et k, $(P_{ik}^{\alpha n}-P_{i'k}^{\alpha n})$ tend vers zéro avec $1/n$, $P_{ik}^{\alpha n}$ désignant la probabilité pour que la $n^{\text{ième}}$ épreuve donne E_k, sachant que la $\alpha^{\text{ième}}$ a donné E_i. Ceci n'implique pas que les $P_{ik}^{\alpha n}$ aient une limite quand n croît indéfiniment.

système peut prendre un nombre fini r d'états possibles; soient $p_{ij}^{(n)}$ la probabilité pour que le système passe, à la $n^{\text{ième}}$ épreuve, de l'état E_i à l'état E_j; et $p_j^{(n)}$ le plus petit des $p_{1j}^{(n)}, p_{2j}^{(n)}, \ldots, p_{rj}^{(n)}$. M. Kolmogoroff (¹) a donné dans ce cas une condition suffisante pour que le principe ergodique soit réalisé. On peut aussi, grâce à un raisonnement qui s'apparente à celui qu'a utilisé Markoff pour le cas où $p_{ij}^{(n)}$ ne dépend pas de n, chaîne simple à éléments constants (²), énoncer le théorème, plus précis que celui de M. Kolmogoroff :

Le principe ergodique est réalisé si la série $\sum_{n=1}^{+\infty} \sum_{j=1}^{r} p_j^{(n)}$ *diverge.*

Dans le cas de la chaîne multiple d'ordre l à éléments variables, $p_{ab\ldots hi}^{(n)}$ désignant la probabilité pour que la $n^{\text{ième}}$ épreuve donne E_i, sachant que les l précédentes ont donné $E_a, E_b, \ldots, E_h$ respectivement; $p_i^{(n)}$ le plus petit des $p_{ab\ldots hi}^{(n)}$; et $\varpi_{st\ldots v}^{(n)}$ le plus petit des produits $p_{ij\ldots hs}^{(n-l+1)} p_{j\ldots hst}^{(n-l+2)} \ldots p_{hst\ldots v}^{(n)}$, un raisonnement de même nature conduit au résultat :

Le principe ergodique est réalisé si la série $\sum_{n=1}^{+\infty} \sum_{s=1}^{r} \sum_{t=1}^{r} \cdots \sum_{v=1}^{r} \varpi_{st\ldots v}^{(n)}$ *diverge.*

On peut en déduire les critères suivants, moins précis, mais plus maniables :

Le principe ergodique est réalisé si la série $\sum_{n=1}^{+\infty} \sum_{s=1}^{r} \sum_{t=1}^{r} \cdots \sum_{v=1}^{r} p_s^{(n)} p_t^{(n+1)} \cdots p_v^{(n+l-1)}$ *diverge; ou encore si, à partir d'un certain rang,* $\sum_{s=1}^{r} p_s^{(n)} \geqq 1/\sqrt[l]{n}$; *ou encore si, à partir d'un certain rang,* $\sum_{s=1}^{r} p_s^{(n)} \geqq \alpha > 0$.

Tous ces critères sont susceptibles d'être appliqués si un certain nombre de $p_{ab\ldots hi}^{(n)}$ sont nuls ou tendent vers zéro avec $1/n$. La même méthode donne des critères analogues dans le cas où l'ensemble des états possibles a la puissance du continu. Une méthode différente et plus précise, qui sera publiée ailleurs, permet, dans tous les cas précédemment envisagés, de trouver des conditions, non plus seulement suffisantes comme les précédentes, mais nécessaires et suffisantes, pour que le principe ergodique soit réalisé.

(¹) *Math. Annalen.*, **104**, 1931, Satz I, p. 424.

(²) J. Hadamard et M. Fréchet, *Z. für ang. Math. und Mechanik.*, **13**, 1933, H. 2, p. 93-94.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Déformation projective d'un couple de congruences.* Note de M. **Serge Finikoff**.

1. Deux couples de congruences (M_1M_2), (M_3M_4) d'une part, $(\overline{M}_1\overline{M}_2)$, $(\overline{M}_3\overline{M}_4)$ de l'autre, dont les rayons se correspondent biunivoquement, seront dits *projectivement applicables jusqu'à l'ordre n* s'il existe une transformation projective qui amène (M_1M_2) en $(\overline{M}_1\overline{M}_2)$, (M_3M_4) en $(\overline{M}_3\overline{M}_4)$ en même temps que les rayons infiniment voisins, au $n^{\text{ième}}$ ordre près.

2. Le couple (M) peut être déterminé par le système

$$\begin{aligned}
M_{1u} &= \delta M_2, & M_{1v} &= pM_1 + qM_2 + M_3,\\
M_{2u} &= q_1M_1 + p_1M_2 + M_4, & M_{2v} &= \delta_1 M_1,\\
M_{3u} &= mM_1 + nM_2 - qM_4, & M_{3v} &= \mathcal{R}M_1 + \mathcal{N}M_2 - \mathcal{L}M_3 - \Delta M_4,\\
M_{4u} &= \mathcal{N}_1M_1 + \mathcal{R}_1M_2 - \Delta_1M_3 - \mathcal{L}_1M_4, & M_{4v} &= n_1M_1 + m_1M_2 - q_1M_3,
\end{aligned}$$

où M_1, M_2 sont les foyers du rayon M_1M_2 qui correspondent aux développables u, v; M_3 et M_4 sont les points où le rayon M_3M_4 perce les plans focaux homologues de M_1M_2; les coefficients δ, δ_1, ... satisfont aux conditions d'intégrabilité, en nombre 12. Le couple $(\overline{M})$ est déterminé par un système semblable avec les coefficients $\overline{\delta}$, $\overline{\delta}_1$, ...

3. Le couple (N) étant un transformé projectif de $(\overline{M})$, les deux couples (M) et $(\overline{M})$ sont donc projectivement applicables d'ordre n si les équations

$$\begin{aligned}
(N_1N_2) + d(N_1N_2) + \ldots &= (\rho + \rho_1\,du + \rho_2\,dv + \ldots)[(M_1M_2) + d(M_1M_2) + \ldots],\\
N_3N_4 + \ldots &= (\sigma + \sigma_1\,du + \ldots)[(M_3M_4) + \ldots]
\end{aligned}$$

sont vérifiées jusqu'aux infiniment petits d'ordre n.

Conséquence. — Les deux couples sont projectivement applicables du premier ordre si

$$\overline{m} = m, \qquad \overline{m}_1 = m_1, \qquad \overline{\mathcal{R}} = \mathcal{R}, \qquad \overline{\mathcal{R}}_1 = \mathcal{R}_1,$$
$$\mathcal{N} = \frac{1}{\theta}\mathcal{N}, \qquad \overline{\mathcal{N}}_1 = \theta\mathcal{N}_1, \qquad \overline{n} = \frac{1}{\theta}n, \qquad \overline{n}_1 = \theta n_1,$$

θ étant une fonction convenablement choisie. Donc, *un couple arbitraire n'est pas déformable; mais à chaque congruence* (M_1M_2) *on peut attacher une autre congruence* (M_3M_4) *telle que le couple ainsi obtenu soit déformable.*

Si la deuxième congruence du couple (M) est une transformée T de la première, il en est de même pour le couple $\overline{\mathrm{M}}$. Un couple stratifiable, deux congruences qui ont la configuration du théorème de permutabilité de Bianchi, les congruences d'une suite de Laplace périodique (la période étant 4), *ne sont applicables que sur des couples de congruences possédant la même propriété. Un couple conjugué (contenant deux congruences* R) *est applicable sur n'importe quel couple de la même espèce.*

4. L'applicabilité projective a lieu jusqu'au second ordre, si, de plus, on a

$$\overline{\Delta} = \frac{1}{\theta}\Delta, \qquad \overline{\Delta}_1 = \theta\,\Delta_1, \qquad \overline{\delta} = \frac{1}{\theta}\,\delta, \qquad \overline{\delta}_1 = \theta\,\delta_1,$$
$$\overline{p} + \overline{\mathrm{P}} = p + \mathrm{P}, \qquad \overline{p}_1 + \overline{\mathrm{P}}_1 = p_1 + \mathrm{P}_1.$$

La première congruence du couple est alors une congruence W *à focales réglées; la seconde est engendrée par une droite d qui rencontre à la fois leurs génératrices homologues. Si le rayon d touche les deux nappes focales de la première, les deux congruences sont applicables du second ordre sur les congruences du second couple.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les valeurs du module de $\sigma(z)$ à l'infini.* Note de M. **M. Mursi**, présentée par M. Hadamard.

J'ai démontré [1], pour r nul ou entier, que si z_0 est un point quelconque dans le parallélogramme primitif de la fonction σ, à part les sommets, et si

$$\mathrm{E}_{mn}(\omega_1, \omega_2) = |\sigma(z_0 + 2m\omega_1 + 2n\omega_2)|$$

est l'ensemble des valeurs du module aux points congruents, la suite (E_{mn}), pour une paire de périodes donnée, tend vers l'infini pour *toutes* les valeurs infiniment grandes de $m^2 + n^2$, si et seulement si

$$\frac{1}{2\pi}\log\frac{1}{\alpha} < s < \frac{1}{2\pi}\log\frac{1}{\beta}, \tag{1}$$

où

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \tau = r + si,$$

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1284.

et où α et β sont les racines positives de l'équation

$$(2) \qquad f(x) \equiv \frac{1}{24} - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{\nu x^\nu}{1-x^\nu} = 0 \qquad (x = e^{-2\pi s})$$

et de l'équation

$$(3) \qquad 2f(x)\log x + 1 = 0$$

respectivement, soit à un millième près,

$$(1') \qquad 3,288 < 2\pi s < 12,000.$$

En réalité, comme on le vérifie d'ailleurs sur (1'), *les deux limites ainsi obtenues pour s sont inverses l'une de l'autre*. Cela résulte de ce que $f(x)$ représente la valeur $1/2\pi^2.\eta_1\omega_1$ exprimée en fonction de $x = e^{-2\pi s}$. Désignant par $\psi(s)$ cette même valeur exprimée en fonction de s, les équations (2) et (3) s'écrivent

$$(4) \qquad \psi(s) = 0,$$

$$(5) \qquad 4\pi s\,\psi(s) - 1 = 0.$$

Il est, d'autre part, clair que notre solution doit rester invariante par le changement classique de ω_1, ω_2 en ω_2, $-\omega_1$, c'est-à-dire (pour $r = 0$) de s en i/s en même temps que de $\eta_1\omega_1$ en $\eta_2\omega_2$; et, en effet, un tel changement fait passer de l'équation (4) à l'équation (5), comme il résulte de la relation bien connue $\eta_1\omega_2 - \eta_2\omega_1 = \pi i/2$.

Une conséquence simple de cette remarque est, pour $s = 1$, la relation

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \operatorname{cosech}^2 \pi\nu = \frac{1}{6} - \frac{1}{2\pi}.$$

D'autre part, j'ai pu établir que la condition (1') reste suffisante, même pour r réel quelconque. Cette condition suffisante est un peu moins restrictive que celle qui figurait dans ma première Note; mais la condition à la fois suffisante et nécessaire reste à obtenir.

Observation au sujet de la Note précédente par M. **Hadamard**.

La question abordée par M. Mursi dans la Note qui précède comme dans celle de 1933, est un cas particulier d'un problème intimement lié à

celui de l'interpolation. On sait en effet [1] que la formation d'une fonction entière $F(x)$ satisfaisant aux égalités en nombre infini

$$(1) \qquad F(a_n) = b_n \qquad (n = 1, 2, \ldots, \infty),$$

où $\lim a_n = \infty$, est subordonnée à la construction d'une fonction auxiliaire $g(x)$ telle que les $g(a_n)$ croissent indéfiniment avec une rapidité convenable. D'autre part, cette fonction g doit avoir sa croissance limitée au sens que ce mot a, en général, dans la théorie des fonctions entières. On voit donc que le problème étudié par M. Borel : « Trouver la fonction F d'ordre de croissance minimum satisfaisant aux relations (1) » introduit le problème préliminaire suivant : *Trouver une fonction g d'ordre de croissance minimum satisfaisant aux relations*

$$(1') \qquad |g(a_n)| > c_n,$$

ou, si l'on veut, décider si ces relations peuvent être simultanément vérifiées par une fonction g d'ordre déterminé. La réponse peut dépendre à un haut degré de la distribution des a_n.

THÉORIE DES GROUPES. — *Une propriété caractéristique des groupes finis de substitutions.* Note [2] de M. **André Weil**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai démontré [3], pour les groupes de substitutions *unitaires*, le théorème suivant :

Si un groupe $\mathcal{G}$ de substitutions linéaires satisfait, au sens de l'algèbre des représentations, à une équation algébrique

$$(1) \qquad F(\mathcal{G}) \sim 0$$

à coefficients entiers rationnels, le groupe n'a qu'un nombre fini d'éléments.

Dans les observations dont il a fait suivre cette Note, M. Cartan a montré que cette propriété, pour les groupes unitaires, était simplement conséquence du caractère discret de l'ensemble des traces du groupe. Il n'en est plus ainsi, naturellement, s'il s'agit de groupes non unitaires. Par exemple, le groupe

$$x' = x + \lambda y, \qquad y' = y,$$

---

(1) Voir la Note bien connue de M. Borel, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 673.

(2) Séance du 30 juin 1934.

(3) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1739.

où λ est une constante quelconque, possède l'unique trace 2 sans être fini. Cependant, le théorème énoncé subsiste sans restriction. Pour le voir, posons $F(x) = f(x) - g(x)$, f et g étant des polynomes à coefficients entiers positifs : si F est de degré n, nous pouvons supposer que f est de degré n et g de degré $n' < n$. Comme dans la Note citée, dont je conserverai les notations, il suffira de démontrer que l'équation

$$f < \mathfrak{M} > = C . g < \mathfrak{M} > . C^{-1} \tag{2}$$

ne peut être satisfaite, C étant une matrice fixe, que par un nombre fini de matrices $\mathfrak{M}$. Les matrices $\mathfrak{M} = \| m_{ij} \|$ qui satisfont à cette équation constituent, ici encore, un groupe composé d'un nombre fini de variétés algébriques irréductibles dans l'espace des m_{ij}; mais ce groupe n'est plus nécessairement clos. S'il se compose d'un nombre fini d'éléments, le théorème est démontré; sinon, il contiendra une composante irréductible V contenant la matrice unité, et V sera un groupe de Lie continu.

Soient $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_r$ les racines caractéristiques de $\mathfrak{M}$; et soient respectivement μ_i, μ'_k celles de $f < \mathfrak{M} >$ et de $g < \mathfrak{M} >$. Les racines caractéristiques du produit kroneckérien de deux matrices étant les produits, deux à deux, des racines caractéristiques des facteurs, les μ_i, μ'_k seront des monomes $\varepsilon_1^{a_1} . \varepsilon_2^{a_2} \ldots . \varepsilon_r^{a_r}$ de degrés respectivement $\leqq n$ et $\leqq n'$; parmi les μ_i, en particulier, figurera certainement la racine ε_1^n. L'on pourra prendre $\mathfrak{M}$, sur V, dans un voisinage suffisamment petit de la matrice unité pour que toutes ces racines soient aussi voisines de 1 que l'on voudra, et leurs logarithmes, par conséquent, aussi voisins que l'on voudra de zéro. Si, dans ces conditions, les $\log \varepsilon_i$ ne sont pas tous nuls, soit $\log \varepsilon_1$ le plus grand d'entre eux en valeur absolue : on aura $|\log \mu'_k| \leqq n' |\log \varepsilon_1|$, et ε_1^n ne pourra figurer parmi les μ'_k, contrairement à l'équation (2), d'après laquelle $f < \mathfrak{M} >$ et $g < \mathfrak{M} >$ doivent avoir les mêmes racines caractéristiques. Les ε_i sont donc tous égaux à 1, sur V, dans un voisinage de l'unité, et par suite aussi sur toute la variété V, car ce sont des fonctions analytiques (et même algébriques) des m_{ij}.

Soit alors $\mathfrak{M}$ une matrice de V : ses racines caractéristiques étant égales à 1, ses diviseurs élémentaires sont de la forme $(x - 1)^\lambda$, et l'on sait que si le diviseur élémentaire de plus haut degré est $(x - 1)^\rho$, ρ est aussi le plus petit entier tel que $\mathfrak{M}$ satisfasse, dans l'algèbre des matrices de degré r, à l'équation $(\mathfrak{M} - 1_r)^\rho = 0$. On déduit aisément de ce criterium, et des formes canoniques connues, que si les matrices $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{N}$ ont leurs racines caractéristiques toutes égales à 1, et que leurs diviseurs élémentaires de

plus haut degré soient respectivement $(x-1)^\rho$ et $(x-1)^\sigma$, le diviseur élémentaire de plus haut degré de leur produit kroneckérien est $(x-1)^{\rho+\sigma-1}$. En particulier, le diviseur élémentaire de plus haut degré de $f < \mathfrak{M} >$ sera $(x-1)^{n\rho-n+1}$; celui de $g < \mathfrak{M} >$ sera $(x-1)^{n'\rho-n'+1}$, contrairement à (2), puisque d'après (2) $f < \mathfrak{M} >$ et $g < \mathfrak{M} >$ doivent avoir mêmes diviseurs élémentaires, à moins que l'on n'ait $\rho = 1$; mais alors $\mathfrak{M}$ est la matrice unité, c'est donc à cette matrice que se réduit la variété V, et le théorème est démontré.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur des modifications du phénomène de Magnus déterminées par la structure du vent.* Note (1) de M. **Auguste Lafay**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai signalé (2) sur les curieuses divergences que l'on observe, dans des conditions en apparence identiques, en faisant agir sur un même modèle un vent plus ou moins riche en tourbillons. La facilité avec laquelle je puis obtenir avec ma soufflerie des vents qui ne possèdent pas le même caractère tourbillonnant, m'a permis d'examiner commodément l'influence que peut exercer cette différence de qualité sur l'inversion du phénomène de Magnus.

Cet effet (3) consiste en ce que la composante transversale de la poussée du vent sur un cylindre tournant, dont la surface est bien lisse, peut, pour certaines valeurs de sa vitesse de rotation, avoir un sens opposé à celui qui a été indiqué par Magnus.

Dans mon étude initiale sur ce phénomène (4) j'ai insisté sur la sensibilité de l'effet inverse aux moindres variations du degré de poli de la surface du cylindre tournant et ce fait me donnait à penser que tout changement de structure du vent devait entraîner des modifications analogues.

L'expérience a complètement confirmé cette prévision et l'on aura une idée de l'ordre de grandeur des différences constatées en examinant les courbes de la figure ci-contre. Les vitesses de rotation ω, exprimées en tours par minute, y sont portées en abscisses, tandis que les ordonnées

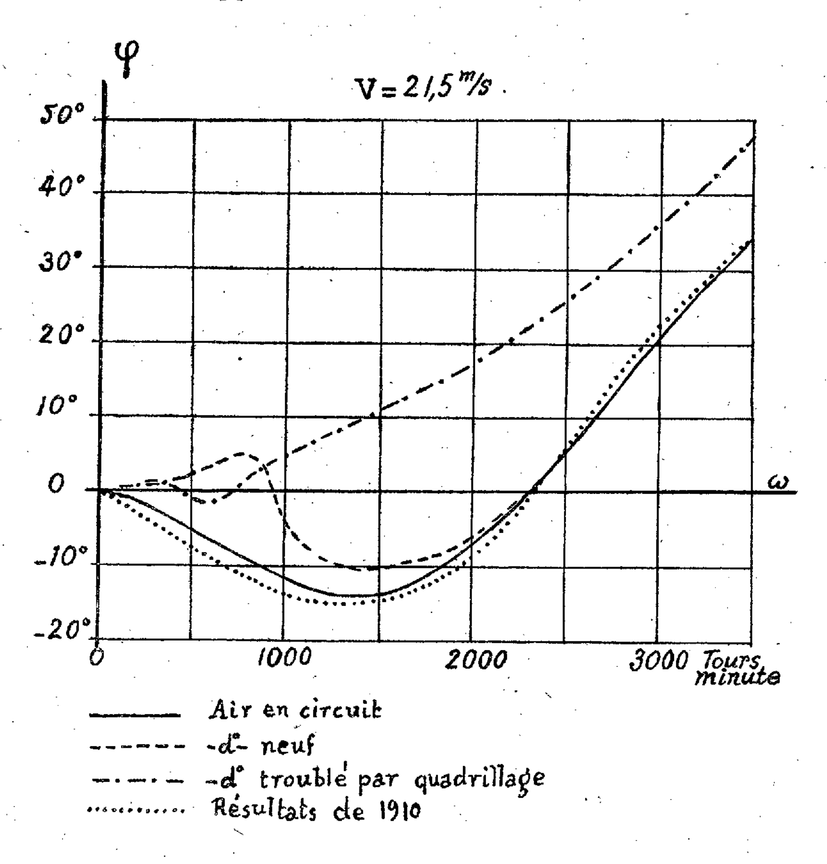
(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1962; **198**, 1934, p. 1973.

(3) *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 867.

(4) *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 1147 et 1472.

indiquent la déviation φ de la poussée totale, subie par le cylindre, par rapport à la direction de la vitesse V du vent auquel il est soumis. Cet angle φ est compté positivement lorsque le sens de la déviation est conforme à la règle de Magnus. Enfin, le cylindre employé est celui qui a servi à mes essais de 1910-1911 rappelés ci-dessus.



Le vent conservant une vitesse, à peu près invariable, de $21^m,5$ par seconde, on a, avec de l'air en *circuit*, la courbe dessinée en trait plein.

L'effet inverse se manifeste dès le début, augmente jusqu'à 1400 t/m pour décroître ensuite. Vers 2300 t/m la déviation s'annule puis prend et conserve ensuite un sens conforme aux indications de Magnus.

Auprès de cette courbe, j'en ai dessiné une autre, en trait ponctué, qui représente les résultats que j'ai obtenus en 1910. J'utilisais à cette époque une soufflerie Rateau, à jet d'air direct dans l'atmosphère et le voisinage des deux courbes tend à prouver que le vent fourni par cet appareil avait une

structure voisine de celle que produit ma soufflerie actuelle disposée en circuit fermé.

Avec de l'air *neuf* (courbe pointillée .....) on observe d'abord un effet direct croissant jusqu'à 800 t/m, puis l'inversion se produit et atteint sa plus grande valeur vers 1400 t/m, le tracé se rapproche ensuite de la première courbe avec laquelle il se confond lorsque les déviations deviennent positives.

Enfin, en enrichissant l'air en tourbillons à l'aide d'un quadrillage en ficelle, disposé à environ 40^cm en avant du cylindre, on a (trait interrompu —·—·—·) un départ dans le sens direct suivi d'une inversion peu étendue et de faible intensité, puis une déviation positive croissante et nettement supérieure à celle des deux cas précédents.

Jusqu'à présent aucune explication acceptable de l'inversion du phénomène de Magnus n'a été donnée; cependant quelques savants ont essayé de relier cet effet au nombre de Reynolds en admettant que la distribution des filets d'air doit se rapprocher de celle qui correspond à une plus forte ou à une plus faible valeur de ce nombre, suivant que l'on considère le côté du cylindre qui avance contre le vent ou le côté opposé.

Les résultats expérimentaux que je viens de résumer montrent qu'une telle explication est à l'avance condamnée à demeurer insuffisante.

ASTRONOMIE. — *Déterminations horaires obtenues à l'aide d'un instrument des hauteurs égales, à prisme et à micromètre impersonnel.* Note de Mme **Edmée Chandon**, MM. **Édouard Bouty** et **André Gougenheim**, présentée par M. Ernest Esclangon.

En 1924, M. René Baillaud a exposé le principe d'un micromètre optique auto-enregistreur permettant de rendre impersonnelles les observations de hauteurs égales d'étoiles [1].

Sur sa demande, nous avons mis à l'épreuve, à l'Observatoire de Paris, durant quelques soirées de beau temps, un instrument des hauteurs égales de Jobin (modèle géodésique), muni de ce micromètre, construit par M. E. Bouty.

---

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1472. Les modifications apportées dans la suite à ce micromètre sont décrites par l'auteur dans le *Bulletin géodésique*, n° **41**, 1934, (sous presse).

Le moteur accompagnant l'instrument dont M. R. Baillaud s'était servi dans ses premières expériences ne permettait pas un étalonnage précis des vitesses de rotation des lames, car il était influencé par les variations du secteur. Après quelques tâtonnements, nous l'avons remplacé par un moteur des frères Séguin. Ce moteur, à régulateur mécanique, donne des vitesses variables dans de larges limites (rapport de 1 à 12). A une division déterminée de la graduation correspond toujours la même vitesse quelles que soient les variations du secteur.

Il est alors aisé de maintenir côte à côte, sur la même horizontale, à l'aide d'un différentiel, les deux images fournies par l'instrument des hauteurs égales. Grâce à la précaution prévue par M. R. Baillaud d'isoler le bain de mercure du corps de l'instrument, l'image réfléchie est aussi nette que l'image directe. Nous avons pris soin d'éliminer l'équation personnelle d'horizontalité, en inversant la position relative des images *directe* et *réfléchie*, suivant que les observations étaient effectuées à l'*Est* ou à l'*Ouest*.

Le tableau suivant contient la comparaison des corrections de pendule C_p(h. é.) déterminées à l'aide de cet instrument et des corrections de pendule *semi-définitives*, C_p(s. d.), établies au Bureau International de l'Heure. Celles-ci, rappelons-le, sont obtenues en régularisant la courbe construite à l'aide des corrections de pendule C_p(g) et C_p(B) tirées des observations méridiennes faites à la lunette des longitudes Gauthier n° 381, et à la lunette Bouty; ces deux lunettes sont munies de micromètres autoenregistreurs à fil entraîné.

	Instruments.		
	Instrument des hauteurs égales.	Lunette Gauthier.	Lunette Bouty.
Distance focale	$0^m,37$	$0^m,84$	$1^m,23$
Diamètre de l'objectif	40^{mm}	75^{mm}	102^{mm}
Grossissement de l'oculaire	75	71	60

Dates.		C_p(s. d.) — C_p(h. é.).	Observateur.	C_p(s. d.) — C_p(g.).	C_p(s. d.) — C_p(B).
		s		s	s
1934. Février	22,8	+0,043	E. C.	−0,044	+0,016
» Mars	1,8	+0,016	E. C.	−0,002	−0,002
» Mars	3,8	+0,022	E. C.	+0,006	−0,007
» Mars	15,8	+0,046	E. C.	+0,003	+0,016
» Mars	30,8	+0,019	A. G.	−0,012	−
» Mai	22,8	−0,052	E. C.	−0,020	−0,023
Moyenne des écarts		+0,016		−0,012	0,000

Étant donné *les faibles dimensions* de l'instrument des hauteurs égales employé, par rapport à celles des deux lunettes méridiennes, on peut considérer les résultats obtenus comme très satisfaisants. La moyenne des écarts C_p(s. d.) — C_p(h. é.) n'atteint pas en effet $0^s,02$; cependant elle est un peu plus grande que la moyenne des écarts C_p(s. d.) — $C_p(g)$. Est-ce une erreur systématique propre au micromètre optique ? Il serait intéressant de la mettre nettement en évidence par une étude prolongée de l'instrument et d'en chercher la cause.

Pour que cette recherche soit plus aisée, il serait désirable que le micromètre optique de M. R. Baillaud soit adapté à un instrument des hauteurs égales de modèle plus grand, ayant, par exemple, $1^m,20$ de distance focale avec un objectif de 100^{mm} de diamètre.

Remarques. — Pour chacun des trois instruments précités, la correction de pendule est déduite d'une série comprenant une dizaine d'étoiles.

A l'instrument des hauteurs égales, chaque passage observé est la moyenne de douze contacts.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la formation de l'hydrogène dans le vide.* Note (1) de M. **Venceslas Posejpal**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai indiqué brièvement (2) comment mes hypothèses sur l'éther font prévoir la formation de l'hydrogène dans le vide et j'ai résumé les faits expérimentaux constatés à l'aide d'un grand tube à vide muni d'une électrode cylindrique servant d'anode et d'un fil fin de palladium dirigé suivant l'axe du cylindre et servant de cathode. Ces expériences indiquaient nettement la formation prévue de l'hydrogène. Dans la présente Note, je me propose de résumer les résultats d'expériences faites depuis pour déterminer le rôle de l'hydrogène préexistant dans le tube et pour examiner de plus près la preuve de la formation de l'hydrogène dans le vide.

En tenant compte d'abord des remarques que M. A. Cotton a bien voulu ajouter à la Note citée, j'ai opéré de manière à introduire dans le tube à vide de petites quantités d'hydrogène pur de sorte que les résidus gazeux du vide très poussé sous lequel les expériences se faisaient fussent composés principalement d'hydrogène. J'ai constaté que la marche des accroissements

(1) Séance du 2 juillet 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 59.

successifs de la résistance du fil de palladium (il s'agissait du fil de $2r = 0{,}015^{mm}$) restait, dans les limites de précision des mesures, la même que dans les cas analogues des expériences primitives. Il s'ensuit que le rôle des résidus gazeux dans le tube à vide est négligeable, ce qui est d'accord avec les propriétés de la décharge dite autoélectronique à laquelle nous avons ici affaire.

Dans la deuxième série d'expériences j'ai réalisé dans le même tube, évacué d'abord à la même limite du vide que dans toutes les expériences antérieures, une pression partielle d'hydrogène de $0{,}39.10^{-5}$ mm Hg et j'ai répété les expériences avec le fil de palladium, le tube à vide restant maintenant fermé. La présence du gaz se manifestait par des jeux lumineux dans le tube pendant la décharge et par une *diminution* de la résistance du fil, de l'ordre de 2 pour 100 et presque indépendante de la tension appliquée au tube. Après 20 heures de repos, la résistance primitive du fil se rétablissait automatiquement, comme dans les cas des expériences faites avec le vide très poussé. Il est clair que cette résistance primitive, qui correspond à l'état de saturation du fil de palladium par l'hydrogène de l'atmosphère raréfiée du tube, peut bien être augmentée par l'absorption des ions d'hydrogène formés dans la proximité immédiate du fil et atteignant alors la cathode avec des énergies négligeables mais qu'elle doit au contraire être diminuée par les impacts des mêmes ions formés à l'intérieur du tube et arrivant à la cathode avec de grandes énergies, car au lieu d'être absorbés ils chassent encore par suite des échauffements locaux l'hydrogène primitivement contenu dans le fil de palladium.

En résumé, ces expériences montrent que l'hydrogène préexistant dans le tube à vide ne permet pas une interprétation plausible de l'augmentation de la résistance du fil de palladium constatée lorsque ce fil a servi de cathode. L'interprétation donnée dans ma Note citée conserve sa valeur. Elle est appuyée encore par des expériences d'une nouvelle catégorie.

Dans ces nouvelles expériences j'ai cherché à former des quantités appréciables d'hydrogène. J'ai placé dans un nouveau tube, analogue au premier, 30 fils fins de platine ($2r = 0{,}049^{mm}$), ayant environ 11^{cm} de longueur, tendus parallèlement les uns aux autres à 15^{mm} de distance et de sorte que 12 fils étaient reliés à la cathode, 18 à l'anode. Par une série d'expériences préalables j'ai constaté que ce tube, raréfié d'abord jusqu'au vide limite, produisait du gaz en quantité mesurable à partir d'une tension de l'ordre de 200 KV. La présence de l'hydrogène a pu y être constatée spec-

troscopiquement. Puis je me suis appliqué à recueillir les gaz sortant de la pompe auxiliaire dans un tube eudiométrique et à mesurer, sous l'application des décharges électriques, le volume des gaz inflammables que ces gaz renfermaient. Le tube à vide étant alternativement soustrait et soumis à la tension, j'ai pu mesurer l'excès de gaz inflammables produit dans le tube à vide sous tension. Cette série d'expériences faite, j'ai supprimé dans le tube les fils de platine, sans rien changer par ailleurs et j'ai fait une nouvelle série d'expériences pareilles.

Voici le résultat de ces expériences, dont le détail sera donné ailleurs. Admettant que les gaz inflammables formés dans le tube sont essentiellement constitués par de l'hydrogène, on a trouvé dans la première série d'expériences les volumes suivants, évalués en centimètres cubes d'hydrogène présent dans un centimètre cube du mélange gazeux : sous une tension de 221 KV (0,08 MA) 0,0015 ; (0,070 MA) 0,0013; sous 235 KV (0,08 MA) 0,0012 ; (0,114 MA) 0,0013 ; sous 250 KV (0,175 MA) 0,0017.

Dans la seconde série les volumes d'hydrogène formé étaient pratiquement nuls : sous la tension de 221 KV (0,076 MA) $0{,}0000_5$; sous 235 KV (0,120 MA) $0{,}0006_7$; (0,140 MA) 0,0002; sous 250 KV (0,176 MA) 0,0002 ; (0,172 MA) $0{,}0002^{cm}$. Les intensités du courant électrique (nombres entre parenthèses) étaient du même ordre de grandeur dans les deux séries. En calculant le débit de l'hydrogène formé par ampère et par seconde en l'évaluant en centimètres cubes de gaz à la pression et la température normales, on trouve respectivement sous 221 KV 0,30, 0,40 ; sous 235 KV 0,29, 0,20; sous 250 KV 0,16. Ces débits sont comparables au double du volume de l'hydrogène libéré par l'électrolyse, soit 0,23. Je me réserve d'étudier ce fait d'une façon plus précise. Je trouve néanmoins intéressant de remarquer qu'il s'accorde assez bien avec notre idée sur la formation de l'hydrogène : les électrons libérés par la matérialisation des atomes d'éther tout près de la cathode étant beaucoup plus mobiles que les protons libérés d'une manière analogue tout près de l'anode, s'associent, en y arrivant, avec ceux-ci en formant des atomes neutres d'hydrogène : de la sorte, dans le cas idéal, au passage de la charge *e* dans le circuit conducteur correspond la formation de deux atomes d'hydrogène, par suite deux fois plus que dans l'électrolyse.

Je continue ces expériences.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude d'un espace électrisé contenant des particules matérielles.* Note de M. **Marcel Pauthenier** et Mme **Marguerite Moreau-Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Calcul du champ modifié par les particules. — Dans le champ électrique déjà étudié, compris entre un cylindre conducteur au potentiel zéro et un fil axial fin porté à une haute tension négative, supposons qu'il existe, en suspension dans un courant gazeux, un grand nombre de petites particules sphériques uniformément réparties. Sous l'action des ions émis par le fil, ces sphérules prennent une charge dont la limite est pEa^2 [$a=$ rayon de la particule considérée; $E=$ champ avoisinant; $p=1+2(\varepsilon-1/\varepsilon+2)$ pour les isolants ou $p=3$ pour les conducteurs]. Comme leur mobilité est relativement faible, cette charge limite peut être pratiquement atteinte avant que leur répartition dans l'espace soit sensiblement changée. Étudions les modifications apportées au champ par la présence de ces charges peu mobiles.

Il convient pour cela d'ajouter, à l'équation de Poisson déjà établie

$$\frac{dE}{dr}+\frac{E}{r}=\frac{2i}{krE},$$

un terme correspondant à la charge d'espace due aux particules

$$4\pi\rho_1=4\pi pE\Sigma a^2=pES,$$

S désignant la somme des surfaces des particules comprises dans l'unité de volume (cette « surface élémentaire » sera exprimée en $\mathrm{cm}^2/\mathrm{cm}^3$ ou cm^{-1}).

L'équation, qui devient ainsi

$$rE\frac{dE}{dr}+(1-pSr)E^2=\frac{2i}{k},$$

se résout par rapport à E^2 par la méthode de variation des constantes, et l'on obtient

$$E^2=\frac{K\,e^{2pSr}}{r^2}-\frac{i}{k}\left(\frac{2}{pSr}+\frac{1}{p^2S^2r^2}\right).$$

L'expression de E^2 doit se ramener à la valeur déjà connue $C^2/r^2+2i/k$ lorsqu'on annule le terme S proportionnel à la teneur en particules ou lorsqu'on s'approche de l'axe, région où évidemment les charges réparties sur des couches cylindriques extérieures sont sans action.

On est ainsi amené à donner à la constante d'intégration K la forme $C^2 + i/kpS$, et à écrire

$$E^2 = \frac{C^2}{r^2} e^{2pSr} + \frac{i}{k} \frac{e^{2pSr} - 1 - 2pSr}{p^2S^2r^2},$$

c'est-à-dire

$$E^2 = \frac{C^2}{r^2}(1 + 2pSr + 2p^2S^2r^2 + \ldots) + \frac{2i}{k}\left(1 + \frac{2}{3}pSr + \frac{1}{3}p^2S^2r^2 + \ldots\right).$$

Dans la région où C^2/r^2 est petit devant $2i/k$ et où le champ sans poussière pouvait être considéré comme constant et égal à $\sqrt{2i/k}$, son expression a maintenant pour partie principale $\sqrt{2i/k}(1 + 1/3pSr)$.

Quand on s'écarte de la paroi, le champ commence par décroître et passe par un minimum avant de croître rapidement au voisinage du fil.

Étouffement de la décharge. — Lorsqu'on fait circuler un courant d'air dans le champ électrique ionisé, l'introduction des poussières dans l'air est immédiatement suivie d'une baisse Δi du courant électrique.

Si l'on veut rétablir le courant initial, il faut augmenter le potentiel du fil d'une quantité ΔV_m.

Les relations précédentes permettent précisément d'évaluer Δi et ΔV_m quand la teneur en poussières n'est pas trop élevée.

En calculant ΔV_m on trouve pour terme principal (dans un cylindre de rayon R)

$$\Delta V_m = \frac{pSR^2}{6}\sqrt{\frac{2i}{k}},$$

et ce terme, exact à moins de 5 pour 100 dans le cas de mesures en cours, est suffisant pour le contrôle expérimental.

D'autre part, en considérant la constante C comme indépendante du courant (hypothèse que l'expérience révèle approximativement exacte), on peut calculer la diminution du courant sous tension constante : $\Delta i/i$ a pour terme principal $pSR/3$.

En outre, si l'on construit dans ce dernier cas les courbes de potentiel $V(r)$ sans poussières et avec poussières, on constate que la seconde est tout entière au-dessus de la première; malgré la diminution du courant le champ *augmente* au voisinage de la paroi.

Il est intéressant enfin de remarquer que ces modifications profondes de l'espace électrisé qui contient la matière divisée ne sont pas liées seulement à la masse de matière contenue dans chaque centimètre cube, mais encore à l'état de division de celle-ci.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse des chlorures de zinc et de cadmium en solution dans l'alcool méthylique.* Note de M. **Edmond Guillebmet**, présentée par M. Georges Urbain.

Comme suite à l'étude des solutions méthylalcooliques de chlorure cuivrique ([1]), j'ai étudié l'électrolyse des solutions méthylalcooliques de chlorure de zinc et de chlorure de cadmium. Les solutions de chlorures de zinc et de cadmium ont été étudiées au point de vue des potentiels et de la polarisation par Carrara et Isgarischew. Carrara a également effectué des mesures de nombres de transport sur les solutions de chlorure de cadmium.

Les solutions de chlorure de zinc contiennent environ 5^g de chlorure pour 100^g de solution ; on les prépare avec des quantités connues d'alcool méthylique anhydre et de chlorure de zinc fondu avec précaution. Le dosage du zinc et du chlore dans la solution montre qu'en chauffant modérément on déshydrate bien le chlorure sans former de quantités notables (moins de 2 pour 100) d'oxyde. Les électrolyses ont été conduites aux densités de courant de 1,3 et 5 A/dm^2 en employant une cathode de platine et une anode de zinc ou de platine. J'ai également examiné l'influence de l'acidité de la solution en ajoutant des quantités connues de solution de gaz chlorhydrique dans l'alcool méthylique.

Dans tous les cas, on obtient à la cathode des dépôts compacts adhérant bien au platine; toutefois, à 3 et 5 A/dm^2, il se forme quelques arborescences sur les parties anguleuses de la cathode. Aux densités de 3 et 5 A/dm^2, ou pour des durées un peu longues (4 heures à 1 A/dm^2), ou en solution acide, le dépôt est formé par du zinc pratiquement pur. Dans les autres cas, le dépôt est souillé par de petites quantités d'oxychlorure. Les rendements sont très bons (95 pour 100) avec anode de zinc; avec anode de platine, les rendements diminuent (55 à 90 pour 100) et d'autant plus que la durée d'électrolyse est plus longue, la densité de courant plus élevée et la distance des électrodes plus faible. L'emploi d'un diaphragme, dans des conditions comparables, relève le rendement; l'emploi de solutions acides diminue au contraire le rendement. La séparation du zinc est donc partiellement compensée par une recombinaison du zinc et du chlore resté dissous dont la teneur est plus forte en solution acide; l'attaque du zinc par l'acide

---

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1608.

formé contribue aussi à cette diminution. Enfin, même en solution neutre et sans chlore, le rendement est inférieur à 100 pour 100 par suite de l'attaque chimique du zinc par la solution, comme l'ont confirmé des essais directs.

L'anode en zinc s'attaque régulièrement, mais à l'attaque d'ordre électrochimique se superpose une attaque chimique, de sorte que les rendements sont supérieurs à 100 pour 100. Avec une anode de platine, il y a formation de chlore qui reste en partie dissous dans la solution; le reste réagit sur l'alcool avec formation d'acide chlorhydrique et de formol.

Les solutions de chlorure de cadmium ont été préparées d'une manière analogue à celle des solutions de chlorure de zinc; mais en raison de sa faible solubilité on n'a pas pu dépasser des concentrations de $0^g,7$ à $0^g,9$ de chlorure pour 100^g de solution. Les densités de courant utilisées ont été de 0,5, 1 et $3 A/dm^2$.

Quelles que soient les conditions, il n'y a jamais adhérence à la cathode de platine. Lorsqu'on emploie une anode de cadmium, la solution restant alors neutre, le dépôt est noir et spongieux et contient des parties blanches; un produit blanc reste également en suspension dans le liquide. Avec une anode de platine la solution devient progressivement acide et l'on voit alors le dépôt cathodique passer progressivement de la texture spongieuse à une texture plus cristalline, en même temps que la couleur passe du noir au gris. En solution acide, la texture est cristalline et la couleur grise dès le début; dans ces deux cas, la solution ne contient plus de produit blanc en suspension. Il n'est pas possible d'obtenir des dépôts formés de cadmium pur; la teneur en impureté est maximum avec anode de cadmium, elle diminue avec l'emploi d'une anode de platine et encore plus avec une solution acide. L'analyse des dépôts a montré que cette impureté est constituée par un oxychlorure retenant de l'alcool méthylique. Les rendements, calculés sur le cadmium dosé, sont supérieurs à 100 pour 100 avec emploi d'une anode de cadmium et sensiblement indépendants de la densité de courant et de la durée de l'électrolyse; ceci donne à penser que la formation d'oxychlorure est due à un processus électrochimique, probablement par décharge d'ions ClCd. Dans les essais avec anode de platine les rendements sont inférieurs à 100 pour 100; ils sont améliorés par l'emploi d'un diaphragme et abaissés par l'emploi d'une solution acide. Cet affaiblissement est donc dû à l'action du chlore dissous, dont la teneur est plus forte en solution acide, et de l'acide formé. L'emploi d'une cathode de cadmium ne conduit pas à une meilleure adhérence du dépôt, ni à une

pureté notablement supérieure à celle des dépôts obtenus sur platine. Les rendements restent du même ordre. L'emploi d'une anode tournante (appareil de Lassieur) ne conduit pas à une adhérence satisfaisante, le dépôt se détachant par léger frottement; dans ce cas, les rendements deviennent extrêmement faibles (5 pour 100 environ), par suite de la recombinaison du chlore dissous et du cadmium qui se trouve considérablement facilitée par le brassage de la solution.

L'anode de cadmium s'attaque, mais contrairement au cas du zinc, il n'y a pas d'attaque chimique par la solution. Les rendements sont toujours supérieurs à 100 pour 100 et à peu près indépendants de la durée et de la densité de courant. Avec une anode en platine, on observe eucore la production de chlore dont une partie reste dissous et l'autre réagit sur l'alcool en donnant de l'acide chlorhydrique et du formol.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la dépression anodique dans l'électrolyse de la gélatine*. Note de M. **Jean Swyngedauw**, présentée par M. J. Perrin.

Les phénomènes mécaniques qui se développent au voisinage des électrodes dans l'électrolyse directe des gels colloïdaux ne diffèrent pas de ceux qui ont été étudiés précédemment (¹).

Nous nous proposons d'examiner particulièrement ceux qu'on observe au voisinage de l'électrode positive dans un gel de gélatine.

Le gel coulé sur lames de microscope est soumis à l'action d'un courant continu de quelques dixièmes à quelques milliampères, par l'intermédiaire d'électrodes de papier d'étain appliquées aux extrémités de la lame parallèlement à ses bords.

Au voisinage de l'électrode positive, le gel se modifie sur deux zones très inégales : l'une très restreinte, au contact immédiat du bord de l'anode, se présente comme une sorte de bourrelet de gonflement d'à peine 1^{mm} de largeur; il n'a aucune tendance à l'extension et garde le même aspect durant toute la durée de l'électrolyse.

A ce bourrelet très étroit, succède sans transition une zone de dégonflement; la dépression anodique, observée d'abord par Michaud, qui se présente comme un abaissement notable du niveau du gel qui est du

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2098.

quart à la moitié de l'épaisseur primitive; sa surface est lisse ou au contraire striée et plissée transversalement, suivant tel ou tel mode de préparation du gel. Sa limite vers le pôle négatif, nettement tracée, s'étend progressivement au cours de l'électrolyse.

Si l'on a soin de maintenir constante l'intensité du courant, sa vitesse de déplacement reste sensiblement constante : avec un courant de 2 milliampères, le bord cathodique avance de $0^{mm},5$ par minute. Si l'on donne à l'intensité une valeur deux ou trois fois plus forte, la limite progresse avec une vitesse deux ou trois fois plus grande. Cette dépression anodique résulte de la diffusion des produits acides formés par électrolyse au contact de l'acide; on la reproduit par la méthode précédemment décrite en faisant diffuser un acide quelconque déposé dans des rigoles pratiquées dans le gel et amenant le courant par les segments extrêmes; l'aspect du phénomène est identique à celui obtenu dans l'électrolyse décrite plus haut à cela près que le bourrelet de gonflement est plus large, mais la dépression est absolument semblable et progresse de la même manière.

L'étude colorimétrique du pH du gel montre que, au voisinage de l'anode, la réaction du bourrelet est très fortement acide et correspond à un pH aux environs de 2. Dans la méthode des rigoles, le pH du bourrelet est voisin de celui du liquide diffusant. Au contraire, *au niveau de la dépression anodique, la valeur du* pH *correspond exactement à la valeur* 4,7 *du point isoélectrique* de la gélatine.

La variation du pH entre le bourrelet et la dépression est brusque comme la différence de leur gonflement. Quelle que soit l'étendue de la dépression anodique, son pH garde une valeur absolument constante (4,7) dans toute son étendue, depuis sa limite anodique, au voisinage du bourrelet, jusqu'à sa limite de progression vers la cathode. C'est donc la caractéristique de la dépression anodique de correspondre exactement au point isoélectrique.

Pour la gélose, qui n'a pas de point isoélectrique, le dégonflement anodique n'offre aucun de ces caractères très particuliers : elle se présente comme une dépression qui s'approfondit graduellement sans tendance à l'extension progressive vers la cathode.

Dans l'électrolyse du gel neutre, cette plage isoélectrique se produit à l'anode et non à la cathode : ce sont les produits acides d'électrolyse qui amènent le gel primitivement neutre du pH 6,5 à 7 à la valeur 4,7 du point isoélectrique, mais *si l'on part d'un gel à* pH *plus acide que le point isoélectrique*, du pH 3 ou 4 par exemple, *le phénomène est inversé : la dépression se produit alors à la cathode*, avec un aspect absolument identique à celui de

la dépression anodique en gel neutre, le pH de la dépression cathodique prenant la même valeur 4,7 du point isoélectrique *dans toute son étendue.*

Si au lieu de maintenir le courant constant, on fait l'électrolyse d'un gel de gélatine sous tension constante, après une très brève période d'augmentation, l'intensité du courant s'abaisse constamment et le gel finit par se comporter sensiblement comme un diélectrique. Le tracé de la courbe de répartition des potentiels mesurés au moyen d'électrodes-sondes impolarisables a montré que cette augmentation progressive de la résistance du gel était due exclusivement à un accroissement considérable de la résistivité dans la zone isoélectrique où elle atteint couramment 10 à 15 fois sa valeur dans le gel neutre.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Une méthode d'addition pour l'étude précise de la variation du courant débité par une cellule photoélectrique en fonction du flux lumineux incident.* Note (1) de M. **Pierre Fleury**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les théories quantiques des phénomènes photoélectriques indiquent que le nombre d'électrons émis par une surface recevant un faisceau de radiations de composition spectrale déterminée est proportionnel au flux agissant. Cette loi a été vérifiée par de nombreux expérimentateurs (2), mais la précision de leurs mesures est restée dans la plupart des cas très inférieure à 1 pour 100. D'ailleurs le courant débité par une cellule photoélectrique peut se trouver influencé par de nombreuses causes : changement de direction ou de position des rayons incidents, modification progressive de la surface cathodique, variation des conditions d'entraînement des électrons vers l'anode, production d'ions d'effet amplificateur non constant, etc.

La photométrie photoélectrique ne se prête par suite à des mesures *précises* qu'au prix de précautions assez sévères (3); en particulier, pour pouvoir utiliser une cellule autrement qu'à éclairement constant, il est

(1) Séance du 25 juin 1934.

(2) Elster et Geitel, *Ann. der Physik*, 48, 1893, p. 625; *Phys. Zs.*, 14, 1913, p. 741; Kunz, *Astrophysical J.*, 45, 1917, p. 69.

(3) Harrison, *Meeting of the Physical and Optical Societies*, 1930, p. 118; Ives et Kingsbury, *J. of the Opt. Soc. of Am.*, 21, 1931, p. 541; Fleury, *Rev. Opt.*, 11, 1932, p. 385.

nécessaire de contrôler *dans les conditions même des mesures projetées*, la proportionnalité du courant débité et du flux incident, ou d'évaluer les corrections qui s'imposent lorsque cette loi n'est pas rigoureusement vérifiée. La *méthode d'addition* suivante (1) semble à l'abri des principales critiques qui s'opposent à l'emploi des procédés habituels de variation du flux (déplacement des sources, disque de Talbot, etc.).

Elle consiste à comparer les courants débités par la cellule (sous tension constante, et déduction faite, s'il y a lieu, du courant d'obscurité) lorsqu'elle reçoit séparément puis simultanément des flux X et Y transportés par des faisceaux ayant exactement même forme et même position. Ceux-ci proviennent d'un même faisceau parallèle Φ (*fig.* 1) qui rencontre sous l'inci-

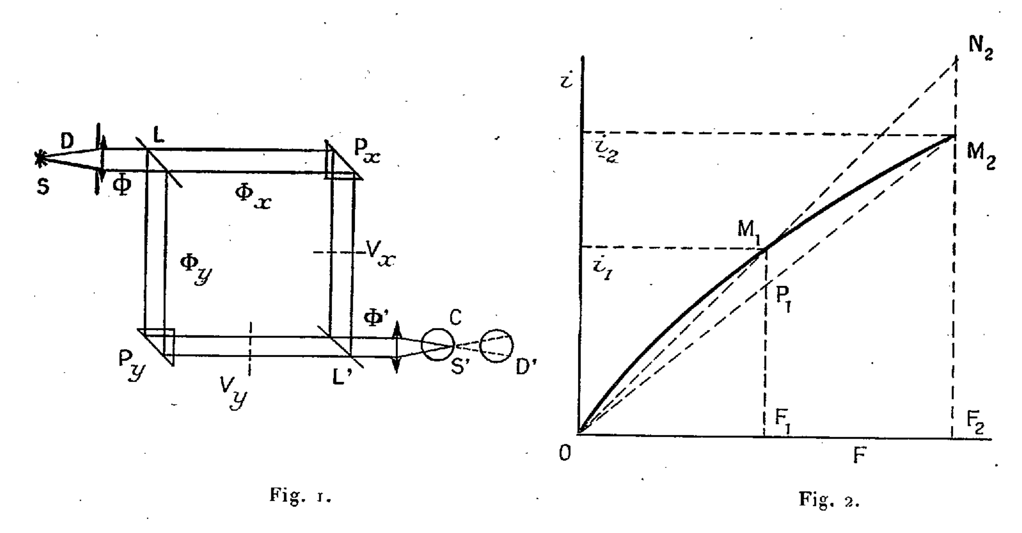


Fig. 1. Fig. 2.

dence 45° une lame de verre L : le faisceau transmis Φ_x vient, après réflexion sur le prisme P_x et la seconde lame à faces parallèles L', se superposer en Φ' au faisceau Φ_y réfléchi par L et transmis par L'. Des volets V_x et V_y permettent d'intercepter à volonté Φ_x et Φ_y.

On peut modifier la composition spectrale des deux flux en interposant des verres colorés ou un monochromateur, et leur grandeur en changeant le trou d'entrée S du collimateur ou le diaphragme D limitant l'ouverture

(1) Employée sans souci de précision dès les premières recherches d'Elster et Geitel, préconisée ultérieurement par Campbell (*Trans. Opt. Soc.*, 32, 1930, p. 61), la méthode d'addition a été mise en œuvre sous une forme différente de la nôtre (lampes allumées en nombre variable dans un lumenmètre sphérique) par Preston et Mc Dermott (*Proceed. of the Phys. Soc.*, 46-2, 1934, p. 256).

de Φ; suivant le cas, on dispose la cellule C de façon à former sur sa cathode l'image réelle D′ de D ou celle S′ de S : la surface intéressée reste ainsi la même quand X et Y varient. On peut aussi, lorsqu'un changement de composition spectrale n'est pas à craindre (notamment en lumière monochromatique), interposer sur Φ un verre absorbant, ou encore faire varier le régime de la lampe à ruban de tungstène éclairant l'appareil.

Les flux X et Y étant sensiblement égaux, la méthode précédente permet de déterminer les courants photoélectriques i_1 et i_2 débités sous l'action de flux F_1 et $F_2 = 2F_1$, puis (après avoir doublé X et Y) de comparer les courants i_2 et i_4 dus aux flux F_2 et $F_4 = 2F_2$, et ainsi de suite. D'où la courbe $i = f(F)$ (*fig.* 2).

Si la variation n'est pas linéaire, il est commode de poser :

$$\eta_{1,2} = \frac{2i_1 - i_2}{2i_1} = \frac{M_2N_2}{F_2N_2} = \frac{P_1M_1}{F_1M_1}, \qquad \eta_{2,4} = \frac{2i_2 - i_4}{2i_2}, \qquad \ldots;$$

d'où

$$i_2 = 2i_1(1 - \eta_{1,2}), \qquad i_4 = 4i_1(1 - \eta_{1,2})(1 - \eta_{2,4}), \qquad \ldots.$$

Lorsque les divers termes correctifs $\eta_{1,2}$, $\eta_{2,4}$, ... sont assez faibles et peu différents les uns des autres, on peut entre les valeurs ayant servi à l'étalonnage utiliser des formules d'interpolation telles que

$$\frac{i}{i_1} = \frac{F}{F_1}\left(1 - \frac{\eta_{1,2}}{\log 2}\log\frac{F}{F_1}\right), \qquad \ldots.$$

En admettant que chaque mesure d'intensité soit faite à 1/2000 près, l'incertitude absolue sur $\eta_{1,2}$, $\eta_{2,3}$, ... est 0,001 : l'erreur d'étalonnage lors de la comparaison de deux flux de rapport 2^n est par la suite inférieure à n/1000 en valeur relative, cette limite étant sans doute nettement trop grande lorsque η varie peu dans le domaine considéré.

14 cellules *à vide*, de 10 types différents, ont été étudiées par la méthode précédente, les courants étant mesurés (au besoin à 2×10^{-13} A près) à l'aide d'un montage électrométrique décrit antérieurement [1]. Pour l'une d'elles (au cæsium sur couche saline), η s'est toujours trouvé nettement inférieur à 1/1000 aussi bien en lumière rouge ou bleue qu'en lumière blanche, le domaine des courants débités s'étendant de 0,2 à 30.10^{-9} A environ. Plusieurs autres cellules ne s'écartent que de quelques millièmes de la loi de proportionnalité.

---

(1) P. FLEURY, *Revue d'Optique*, 11, 1932, p. 390.

PHOTOCHIMIE ASYMÉTRIQUE. — *Influence de la lumière polarisée circulairement sur la vitesse de mutarotation de quelques sucres.* Note de M. **Pierre Souty**, présentée par M. A. Cotton.

Parmi les agents physiques générateurs de dissymétrie, l'emploi de la lumière polarisée circulairement a été préconisé depuis longtemps.

On a pensé d'abord réaliser sous l'influence d'un tel agent des réactions chimiques capables de produire des corps actifs. Les essais répétés dans ce sens ont déçu jusqu'à présent (1).

A l'occasion de la découverte du dichroïsme circulaire, Cotton essayait, dès 1896, par le même moyen, non plus de favoriser la formation d'un antipode aux dépens de l'autre, mais de provoquer la destruction de l'un des constituants d'un racémique, et il précisait dans la suite les conditions à réaliser (2). On sait les résultats obtenus dans ce sens par Werner Kuhn et E. Braun (3), Kuhn et Knopf (4), Mitchell (5).

On pourrait aussi, sans viser selon ces deux méthodes par voie d'addition ou de soustraction à une véritable synthèse asymétrique, se contenter au lieu de troubler la compensation des deux antipodes optiques d'un racémique, de chercher à modifier, toujours par le même moyen, la vitesse d'une transformation dissymétrique.

Je me suis adressé à des réactions de mutarotation connues pour leur grande susceptibilité.

Un sucre doué de mutarotation est dissous rapidement : la solution est partagée en deux tubes polarimétriques identiques que l'on expose à deux faisceaux polarisés circulairement, l'un dextrogyre, l'autre lévogyre. Ces deux faisceaux provenant d'une même source ne sont différenciés, à la sortie d'un nicol unique, que par l'orientation de deux parallélépipèdes de Fresnel, ou de deux quart-d'onde identiques. Les tubes d'épreuve, juxtaposés et dans les mêmes conditions d'éclairement et de température, sont portés périodiquement au polarimètre et leurs rotations sont comparées.

On constate un effet photochimique asymétrique. L'écart des rotations entre les deux tubes exposés passe par un maximum et disparaît quand la

(1) Berthoud, *Photochimie*, Paris, 1928, p. 259.
(2) *J. Chim. Phys.*, 7, 1909, p. 81; *Ann. Phys.*, 10e série, **13**, 1930, p. 459.
(3) *Naturwiss.*, **17**, 1929, p. 227.
(4) *Zeit. phys. Chem.*, 7, 1930, p. 292.
(5) *Journ. Chem. Soc.*, **135**, 1930, p. 1829.

réaction atteint son équilibre. Une interversion de sens des vibrations circulaires actives intervertit l'effet. Tout se passe comme si, relativement à une lévogyre, une vibration circulaire dextrogyre accélérait une mutarotation par rotations positivement croissantes (type mannose, maltose) et ralentissait une mutarotation par rotations positivement décroissantes (type glucose, lactose).

A la raie verte du mercure, on a observé des écarts dépassant 0°,25.

Avec des parallélépipèdes de Fresnel encore nettement transparents au delà de λ 3400 on pouvait penser, dans ce domaine spectral, rencontrer des bandes de « haut facteur d'anisotropie » qui ne coïncident pas toujours avec les bandes de forte absorption (1).

En lumière monochromatique, des essais sur le glucose ($c = 0,03$) ont donné des résultats positifs avec λ 5461 (arc Cotton), négatifs avec λ 5890/5896 (lampe Osram à vapeur de sodium).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sources intenses de protons, applicables aux transmutations.* Note (2) de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

L'observation des transmutations par protons accélérés a montré l'intérêt que présentent, pour la physique nucléaire, les sources artificielles d'ions positifs à grande vitesse. La production des ions avant accélération reste l'une des difficultés essentielles de la réalisation de ces sources. Les difficultés sont accrues, pour les protons et les deutons, par la valeur élevée du potentiel d'ionisation de l'hydrogène. On a employé pour produire ces ions la décharge électrique (utilisation des rayons de Goldstein) et l'arc à bas voltage. Dans ces méthodes, outre l'inconvénient d'un faible rendement, il y a celui de faire fonctionner un appareillage auxiliaire important qui doit être porté, dans son ensemble, au potentiel très élevé de l'anode.

J'ai employé du palladium chargé d'hydrogène comme source de protons (3). L'hydrogène s'y trouve probablement à l'état atomique; en

(1) Werner Kuhn, *Trans. Farad. Soc.*, 26, 1930, p. 300 (*facteur de dissymétrie*, d'après Lowry).

(2) Séance du 9 juillet 1934.

(3) Une membrane de palladium comme régulateur d'admission de l'hydrogène a déjà été utilisée par Y. Sugiura (dans son étude sur la diffraction des protons : *Sc. pap. Tokyo*, 16, 1931, p. 29). Par une technique analogue à celle de l'anode chaude de Dempster il a ainsi obtenu un courant de protons de l'ordre du centième de microampère.

outre, l'entraînement de l'hydrogène d'un fil de palladium hydrogéné, dans le sens d'un courant électrique le parcourant, indiquerait la présence d'une certaine proportion de protons ([1]).

J'ai réalisé deux séries d'expériences dans lesquelles la paroi d'un tube de palladium convenablement chauffé sépare l'espace de production et d'accélération des ions d'avec un réservoir à hydrogène alimenté à l'aide d'un osmo-régulateur à palladium ordinaire ou électrolytique.

1° *Champs de* 200 *à* 1200 volts/cm. — Pression d'hydrogène, dans le réservoir d'alimentation, variable jusqu'à 1^{mm} de mercure. Le palladium est chauffé directement par effet Joule.

Les courants d'ions positifs mesurés augmentaient avec le voltage appliqué et la température de la paroi. Ils étaient de quelques microampères en régime continu et stable.

J'ai vérifié que les courants observés ne sont pas dus, même en partie, à l'ionisation de gaz hydrogène neutre introduit par diffusion entre les électrodes.

2° *Champs de* 100000 *à* 200000 volts/cm. — Un dispositif anodique à palladium semblable au précédent était substitué à la cathode d'un tube à rayons X démontable; la pièce anticathodique était ici remplacée par des pièces appropriées collectrices des ions positifs. Le palladium a été chauffé par effet Joule ou par rayonnement calorifique. Après 20 à 35^{cm} de parcours, les ions accélérés par le champ étaient recueillis dans un cylindre de Faraday (méthode classique employée par Jean Perrin pour les électrons). Un champ magnétique auxiliaire empêchait les rayonnements secondaires d'atteindre le cylindre de Faraday.

Les débits variaient avec le chauffage et la tension. Ils étaient couramment, une fois le régime établi, de l'ordre de 100 microampères. Cependant, avec certaines souches de palladium et en ajustant convenablement l'alimentation en hydrogène et le chauffage de la paroi, j'ai parfois obtenu des débits de 750 microampères, très constants même pendant une heure.

Je n'ai pu encore analyser la composition du faisceau d'ions positifs au spectrographe de masse; mais je présume que la proportion de protons est grande. En effet, lorsque le faisceau d'ions frappait une antianode de lithium, j'ai observé, sous ces tensions encore faibles (125 kilovolts), de très nombreuses scintillations dues aux hélions de désintégration (Cockroft et Walton).

Les résultats dépendent de l'échantillon de palladium constituant la

([1]) A. Coehn et K. Jürgens, *Zeits. f. Phys.*, 71, 1931, p. 179.

paroi (impuretés chimiques et traitement physique préalable) et de l'état de la surface (variations du travail d'arrachement des ions).

Diverses techniques m'ont permis d'améliorer les rendements ou de rendre utilisables des échantillons de palladium qui ne l'étaient pas : spécialement des occlusions préalables répétées d'hydrogène par électrolyse. Dans cet ordre d'idées, j'ai été amené à la combinaison suivante :

Le réservoir à hydrogène des expériences précédentes est remplacé par un dispositif d'électrolyse qui dépose continuellement de l'hydrogène dans la paroi de palladium. L'hydrogène diffuse vers la face se trouvant dans l'espace d'accélération. Des électrons provenant d'un filament chauffé sont accélérés vers la paroi en palladium. Des ions sont alors extraits ou formés et peuvent être accélérés au potentiel voulu. Dans l'ensemble la paroi est très peu chauffée. Avec des potentiels d'accélération des protons allant jusqu'à 220 volts, j'ai obtenu, sans difficulté, un débit parfaitement régulier d'ions qui, dans les conditions de ces expériences préliminaires, était de l'ordre de 35 microampères.

En résumé, l'emploi du palladium, hydrogéné pour la production des protons nécessaires à certaines transmutations simplifie extrêmement le mode opératoire et permet d'obtenir des débits qui atteignent ou dépassent les débits obtenus selon les autres méthodes suivies jusqu'ici. Le débit maximum que j'ai obtenu (750 microampères pendant 1 heure) ne semble avoir été limité que par la réalisation encore sommaire de mes montages.

La nouvelle technique s'appliquera, par une extension immédiate, à la production des deutons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la préparation et la température d'explosion de quelques chlorates, perchlorates et nitrates cuivriques complexes formés avec l'éthylène-diamine.* Note [1] de M. **Jean Amiel.**

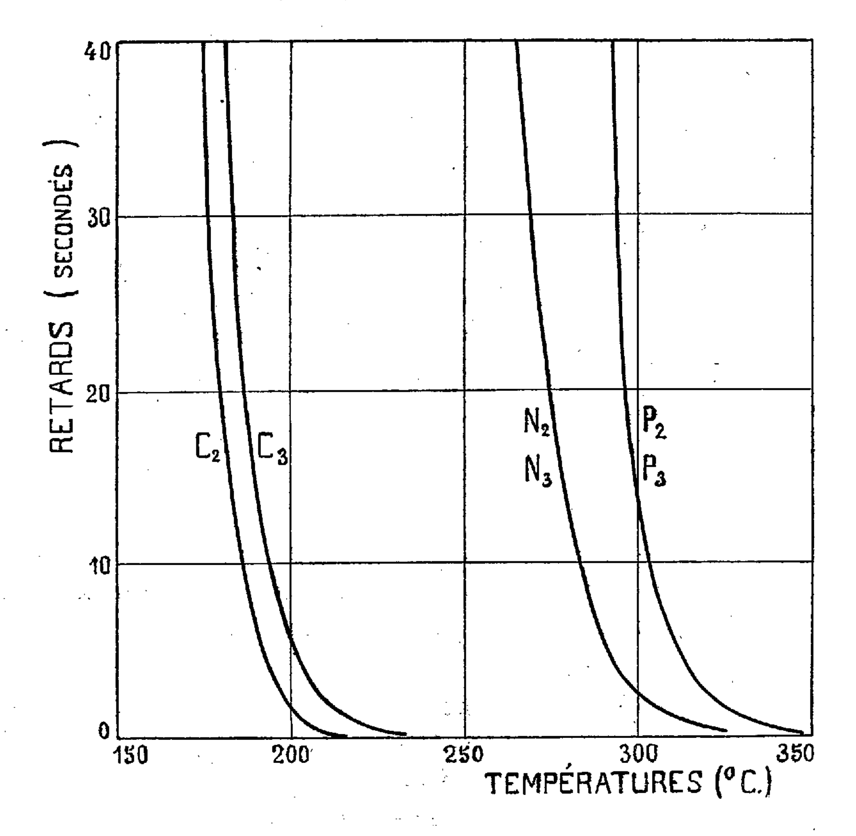
Préparation. — J'ai fait agir une solution à 75 pour 100 d'éthylène-diamine $[En = (CH^2 - NH^2)^2]$ sur $(ClO^3)^2Cu, 6H^2O$, sur $(ClO^4)^2Cu, 6H^2O$ et sur $(NO^3)^2Cu, 6H^2O$. La réaction étant très exothermique, il faut opérer lentement pour éviter de graves explosions. Les cristallisations ont été effectuées au-dessus de 20° C.

(1) Séance du 9 juillet 1934.

Propriétés. — J'ai obtenu ainsi les composés suivants :

$(ClO^3)^2Cu$, 2En, H^2O.......	Losanges. Bleu très foncé. Déliquescent
$(ClO^3)^2Cu$, 3En, H^2O.......	Prismes. Bleu. Très déliquescent
$(ClO^4)^2Cu$, 2En, H^2O.......	Fines aiguilles. Bleu violacé
$(ClO^4)^2Cu$, 3En, H^2O.......	Petits prismes. Bleu foncé
$(NO^3)^2$ Cu, 2En,...........	Petites lamelles. Violet foncé
$(NO^3)^2$ Cu, 3En, H^2O.......	Grosses aiguilles. Bleu. Déliquescent

Après un séjour de 60 heures environ dans un dessiccateur (0^g,5 de substance, 22°; pression de quelques centimètres de mercure) $(ClO^3)^2Cu$, 3En, H^2O a perdu 10 pour 100 de son amine, $(ClO^4)^2Cu$, 3En, H^2O est resté presque inaltéré, tandis que $(NO^3)^2Cu$, 3En, H^2O a été presque complètement transformé en $(NO^3)^2Cu$, 2En.



Tous sont insolubles dans l'éther, pratiquement insolubles dans l'alcool. L'acétone dissout légèrement les perchlorates. L'eau donne des solutions dont la couleur varie du bleu au pourpre. Ces solutions aqueuses sont

décomposées par les acides; la potasse en excès précipite l'oxyde cuivrique par ébullition prolongée.

Ces corps explosent lorsqu'on les chauffe, la plupart après avoir fondu en se décomposant. Le choc d'un marteau dans le cas des chlorates et moins facilement déjà dans le cas des perchlorates, le contact avec l'acide sulfurique concentré pour les chlorates provoquent aussi de violentes explosions.

Température d'explosion. — La figure donne les retards à l'explosion en fonction de la température d'un bloc Maquenne sur lequel est déposé une parcelle de substance. Les courbes C_2, C_3, P_2, P_3, N_2, N_3 se rapportent aux six composés dans l'ordre où ils ont été décrits plus haut. P_2 et P_3, N_2 et N_3 sont pratiquement confondues. Les chlorates chauffés explosent avec une extrême violence (il y a sûrement détonation); ceci les distingue nettement des complexes analogues formés avec des amines primaires que j'ai décrits dans une Note précédente.

Conclusions. — Les deux chlorates complexes me paraissent intéressants à étudier comme explosifs d'amorçage.

D'autre part j'ai constaté ceci. Aucun chlorate complexe analogue n'a été décrit antérieurement. Morgan et Burstall (¹) ont préparé un perchlorate $(ClO^4)^2Cu$, En, $4H^2O$ qui pourrait bien être identique à mon complexe $(ClO^4)^2Cu$, 2En, H^2O; en effet c'est ce composé [légèrement impur; $ClO^4)^2Cu$, 1,85 En, $2H^2O$] que j'ai obtenu accompagné d'un résidu bleu clair en opérant comme eux. Werner et Sprück (²) ont signalé $(NO^3)^2Cu$, 3En, $2H^2O$ puis Grossmann et Schück (³) $(NO^3)^2Cu$, 2En, $2H^2O$, nitrates qui diffèrent des miens par le nombre des molécules d'eau. Ces divergences me conduisent à entreprendre l'étude des différents hydrates.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'émétique de l'acide saccharique.* Note de MM. **Henri Pariselle** et **F. Chirvani**, présentée par M. A. Cotton.

Si l'acide saccharique et sa lactone sont difficiles à isoler à l'état de pureté, il n'en est pas de même du saccharate acide de potassium, qui, peu soluble, se prépare facilement en oxydant le glucose ou l'amidon par l'acide nitrique, puis neutralisant la liqueur par le carbonate de potassium.

(¹) *J. Chem. Soc.*, **129**, 1926, p. 2018; **131**, 1927, p. 1259.
(²) *Zeit. anorg. Chem.*, **21**, 1899, p. 233.
(³) *Zeit. anorg. Chem.*, **50**, 1906, p. 13.

A partir du saccharate acide de potassium ainsi préparé, dont l'analyse a donné les résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé.
C pour 100	29,03	29,07
K »	15,67	15,72

nous nous sommes proposé de rechercher les complexes que forme l'acide saccharique SaH^2 avec les différents métaux; le présent travail est relatif aux complexes antimonio-sacchariques.

Supposant *a priori* qu'il existe une combinaison renfermant un atome Sb pour une molécule d'acide, nous avons d'abord cherché comment variait le pouvoir rotatoire spécifique apparent d'une solution renfermant des quantités équimoléculaires de SaH^2 et de $SbCl^3$, lorsqu'on y ajoutait des proportions croissantes de potasse.

Le sel SaHK étant dissous dans une solution chlorhydrique titrée contenant $SbCl^3$, on constate que la potasse produit un précipité qui disparaît presque complètement lorsqu'on a neutralisé HCl et libéré $Sb(OH)^3$. La liqueur qui présente un léger louche a un pouvoir rotatoire très faible et négatif; ce pouvoir rotatoire augmente très rapidement lorsqu'on ajoute de la potasse, la liqueur devenant aussitôt limpide et, pour une quantité de potasse correspondant à la neutralisation de la deuxième fonction d'acide de SaHK, le pouvoir rotatoire passe par un maximum; un excès de potasse le fait diminuer; dans les deux cas (ascension et décroissance) on observe un phénomène de mutarotation très net.

Il semble que l'on puisse conclure de ces expériences qu'il existe deux combinaisons définies : l'une faiblement lévogyre qui serait un saccharate double de potassium et d'antimonyle SaK(SbO); l'autre, fortement dextrogyre, correspondrait au saccharate neutre de potassium dans lequel un des hydrogènes alcooliques serait remplacé par SbO.

La méthode des variations continues de Job appliquée aux mélanges de saccharate neutre de potassium et d'hydroxyde d'antimoine nous a montré que ce deuxième complexe n'existait pas et que l'on se trouvait en présence d'un mélange de saccharate neutre et d'un complexe à deux atomes d'antimoine.

La courbe correspondant à la rotation de ces divers mélanges se compose de deux droites; l'une très voisine de l'axe des concentrations part de la rotation (d'ailleurs très faible) de la solution de SaK^2 et aboutit à un point correspondant à $3SaK^2$ pour $1Sb(OH)^3$; l'autre rapidement ascendante, part du point précédent et s'arrête à un point correspondant aux proportions $1SaK^2$ pour $2Sb(OH)^3$. Au delà, il est impossible de continuer le diagramme, le précipité de $Sb(OH)^3$ ne se dissolvant plus.

Le diagramme met donc en évidence deux complexes formés par le

saccharate neutre et $Sb(OH)^3$. Ces résultats sont confirmés par l'étude des variations respectives du pouvoir rotatoire des solutions $3SaH^2 + SbCl^3$ et $SaH^2 + 2SbCl^3$, en fonction de la quantité de potasse ajoutée. Pour la deuxième, en particulier, le précipité obtenu par addition de potasse disparaît exactement lorsqu'on a versé une quantité d'alcali correspondant à la libération de $2Sb(OH)^3$ et à la formation de SaK^2; la solution obtenue présente un pouvoir rotatoire moléculaire considérable (2375° pour la raie verte du mercure) et une dispersion normale (2,16 pour les raies jaune et indigo).

Ce complexe n'est pas stable en milieu alcalin, mais sa destruction n'est pas instantanée, comme le montre le phénomène de mutarotation observé.

En résumé, trois types de complexes sont à envisager pour l'acide saccharique et l'antimoine; deux d'entre eux, à faible pouvoir rotatoire, sont de véritables saccharates d'antimoine ou d'antimonyle; le troisième, de pouvoir rotatoire extraordinairement grand, est un émétique et l'explication de cette exaltation doit être recherchée dans la formation de deux cycles hétérogènes, hypothèse valable dans le cas de l'émétique ordinaire.

A notre avis, on peut admettre pour ces deux corps les formules de constitution suivantes :

```
                  O—Sb(OH)—O
                  |        |
CO(OK)—CH—CH——CH——CH—CO(OK);
        |       |
        O—Sb(OH)—O

        COOK—CH—CH(OH)—CO.
             |         |
             O——Sb(OH)——O
```

CHIMIE. — *Synthèse de l'ammoniaque sous très hautes pressions supérieures à* 1000 kg/cm². Note (¹) de M. **James Basset**, présentée par M. Ch. Fabry.

La synthèse directe de l'ammoniaque n'a été étudiée jusqu'ici que jusqu'à des pressions de l'ordre de 1000 kg/cm² et tous les procédés actuels, quelle que soit leur pression de marche, produisent cette synthèse en faisant réagir l'azote et l'hydrogène parfaitement purs en présence d'un catalyseur à base d'oxyde de fer mélangé à des traces de divers oxydes activant son pouvoir catalytique (alumine).

(¹) Séance du 9 juillet 1934.

Avec les appareillages précédemment décrits par nous [1] nous avons étudié dans quelles conditions la réaction $Az + H^3$ pouvait se produire aux ultra-pressions supérieures à 1000 kg/cm².

Le mélange gazeux $Az + H^3$ comprimé à la pression voulue passe dans un tube à réaction chauffé électriquement et disposé comme le montre la figure 1 donnant la disposition générale du dispositif expérimental.

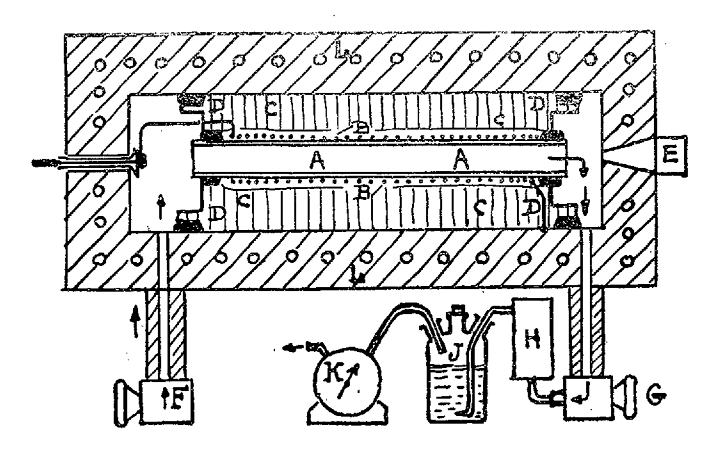


Fig. 1.

A, tube à réaction vide en matériaux réfractaires; B, enroulement chauffant; C, brasque d'isolement de l'enroulement chauffant, et calorifuge; D, presse-étoupe obligeant les gaz à passer dans le tube A; E, fenêtre pour observation oculaire; F, robinet d'admission des gaz; G, robinet de détente et d'extraction; H, indicateur de débit; J, flacon à réactif pour dosage de l'ammoniaque; K, compteur des gaz non combinés; L, chambre à ultra-pression refroidie par ciculation d'eau.

Tout l'ensemble peut fonctionner sans limitation de temps à des pressions permanentes quelconques comprises entre la pression atmosphérique et 5000 kg/cm², le débit gazeux pouvant être maintenu constant, à une valeur quelconque, dans le tube à réaction chauffé à température constante.

Nous avons constaté les phénomènes suivants :

1° Aux ultra-pressions de l'ordre de 2000^{kg} et au delà, bien que le tube à réactions soit vide, la combinaison $Az + H^3$ se produit quelle que soit la nature de la matière constituant ce tube (platine, papier d'amiante, quartz fondu, alumine, zircone). L'action des ultra-pressions augmente la vitesse de la réaction dans des proportions telles que la présence d'un catalyseur spécial n'est plus nécessaire. On peut traduire également ce résultat en disant, qu'aux ultra-pressions, tous les matériaux, métalliques ou réfrac-

(1) *Comptes rendus,* 191, 1930, p. 928; 195, 1932, p. 1242.

taires qu'il nous a été possible d'employer pour constituer la paroi du tube à réaction, catalysent la réaction.

2° A pression partielle constante la production d'ammoniaque est indépendante des impuretés que les gaz peuvent contenir. Nous avons obtenu la même production d'ammoniaque avec des gaz purs ou avec un mélange $Az + H^3$ renfermant 5 pour 100 d'hydrogène sulfuré ou 25 pour 100 d'oxyde de carbone. On peut par exemple se servir de gaz d'éclairage brut comme source d'hydrogène.

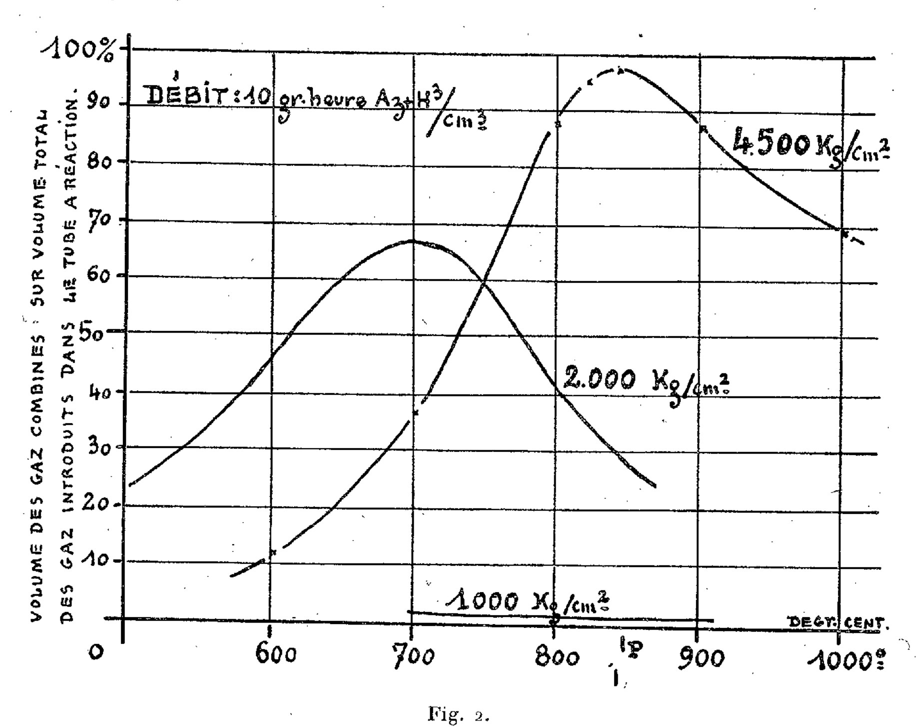


Fig. 2.

3° Il résulte de nos essais que la température optima favorisant la réaction aux ultra-pressions est plus élevée que celle pouvant être déterminée par l'extrapolation aux ultra-pressions des conditions actuellement connues de cette synthèse. La température optima dans nos essais a toujours été comprise entre 800 et 1000°, et, jusqu'à 1200°, nous avons obtenu des capacités de production considérables par centimètre cube d'espace chauffé. La figure 2 donne le rendement en ammoniaque d'un tube à réaction à parois d'amiante en fonction de la température.

4° Nous avons constaté qu'avec nos montages courants (tube à réaction formé de plusieurs couches de papier d'amiante) la capacité de production

d'un espace vide de 1^{cm^3} est de l'ordre de 10 g/heure d'ammoniaque à 850° et 4500 kg/cm^2.

5° Dans nos conditions expérimentales, en maintenant constant dans la chambre un débit gazeux correspondant à environ 10^g par heure par centimètre cube, la totalité du mélange $Az + H^3$ introduit dans le tube à réaction est extrait sous forme d'ammoniaque en un seul passage (2 à 3 pour 100 de gaz non combinés au compteur) (point P de la figure 2).

Teneurs à l'équilibre. — Nous avons rencontré de grandes difficultés expérimentales dans les essais que nous avons faits pour déterminer les teneurs en ammoniaque à l'équilibre dans le tube à réaction en fonction de la température et de la pression.

Nous nous proposons d'effectuer ces déterminations très importantes au point de vue théorique dès qu'il nous sera possible d'en avoir les moyens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition thermique des chlorures d'aryltrihydroxyarsonium.* Note de M. **J. Prat**, présentée par M. G. Urbain.

La formule du type arsonium $[R\,As(OH)^3]X$ ou $X = Cl$, ClO^4, NO^3, attribuée aux combinaisons nouvelles d'acides monoarylarsiniques et d'acides minéraux ([1]) peut se justifier par la décomposition thermique des chlorures d'aryltrihydroxyarsonium. Dans tous les cas étudiés, il est en effet possible de retrouver, tantôt prépondérante, tantôt à peine sensible, la décomposition type :

$$2[R\,As(OH)^3]Cl = 2RCl + 2As(OH)^3 = 2RCl + As^2O^3 + 3H^2O.$$

I. *Chlorure de phényltrihydroxyarsonium* $[C^6H^5As(OH)^3]Cl$. — En tube scellé la décomposition commence vers 250°, elle est active à 300°. Les équations suivantes en représentent le cours :

$$(Ia)\quad 2[C^6H^5As(OH)^3]Cl = 2C^6H^5Cl + 2As(OH)^3 = 2C^6H^5Cl + As^2O^3 + 3H^2O.$$

En même temps et probablement sous l'influence de l'eau libérée par la réaction (I), une légère dissociation se produit :

$$(IIa)\qquad [C^6H^5As(OH)^3]Cl = C^6H^5AsO^3H^2 + ClH.$$

L'acide phénylarsinique formé dans la réaction (IIa) subit alors la

([1]) J. Prat, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 489; **197**, 1933, p. 67; *Bull. Soc.*, **53**, 1933, p. 1475.

dégradation signalée par Rasuwajew et Koton [1] :

(III*a*) $$H^2O + C^6H^5AsO^3H^2 = C^6H^6 + AsO^4H^3.$$

On a identifié dans les produits de la réaction : C^6H^5Cl, As^2O^3, H^2O un peu de ClH, C^6H^6 et AsO^4H^3.

La réaction (I*a*) est largement prépondérante, suivant les cas elle intéresse des 2/3 aux 6/7 du chlorure de phényltrihydroxyarsonium introduit, les réactions (II*a*) et (III*a*) ne portent donc que sur une fraction peu importante de la substance.

II. *Chlorure de benzyltrihydroxyarsonium* $[C^6H^5CH^2As(OH)^3]Cl$. — Dehn et Mac Grath [2] ont étudié l'action de ClH concentré sur l'acide benzylarsinique. La formation de chlorure de benzyle et d'acide arsénieux observée par ces auteurs s'accorde avec la décomposition thermique du chlorure de benzyltrihydroxyarsonium suivant l'équation

(I*b*) $$2[C^6H^5CH^2As(OH)^3]Cl = 2C^6H^5CH^2Cl + As^2O^3 + 3H^2O.$$

III. *Chlorure de p-méthylphényltrihydroxyarsonium* $[H^3CC^6H^4As(OH)^3]Cl$. — La décomposition thermique en tube scellé, entre 250 et 300°, de ce chlorure donne lieu aux mêmes réactions que le chlorure de phényltrihydroxyarsonium. On doit remarquer toutefois que la réaction

(I*c*) $$2[H^3CC^6H^4As(OH)^3]Cl = 2CH^3C^6H^4Cl + As^2O^3 + 3H^2O$$

n'est plus prépondérante. Ce sont les réactions (II*c*) et (III*c*) qui dominent :

(II*c*) $$[H^3CC^6H^4As(OH)^3]Cl = H^3CC^6H^4AsO^3H^2 + ClH,$$

(III*c*) $$H^3CC^6H^4AsO^3H^2 + H^2O = H^3CC^6H^5 + AsO^4H^3.$$

Mais, contrairement au cas de l'acide phénylarsinique, on ne retrouve pas ou peu d'acide arsénique; en fin de décomposition, presque tout As est sous la forme trivalente. D'autre part, on constate la formation de produits charbonneux et le rendement en chlorotoluène + toluène est mauvais. Ceci s'explique par le fait que l'acide arsénique formé dans l'équation (III*c*) oxyde une partie du toluène et passe à l'état d'acide arsénieux.

IV. *Dichlorure de p-ammoniumphényltrihydroxyarsonium*

$$Cl[H^3N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl, H^2O.$$

---

(1) *Journal chimique*, série A; *J. Chim. générale* (russe), 2e série, **64**, 1932, p. 529.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, **28**, 1906, p. 354.

— Nous avons établi (*loc. cit.*) que la molécule ClH fixée à l'ammonium est la première dissociée vers 100°. Cette dissociation doit évidemment se produire en premier lieu lorsqu'on étudie la décomposition thermique du dichlorure. C'est donc en réalité la décomposition du monochlorure de *p*-aminophényltrihydroxyarsonium que l'on observe. Mais ce dernier doit, lui aussi, être facilement dissociable suivant

(II *d*) $$[H^2N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl = H^2N.C^6H^4AsO^3H^2 + ClH$$

car, dans les produits de décomposition, on observe la formation de chlorhydrate d'aniline, As^2O^3, H^2O et ClH. Nous avons pensé qu'un excès de ClH limiterait la réaction (II *d*) et permettrait à la réaction (I *d*) de se manifester de manière sensible avant que tout le chlorure de *p*-aminophényltrihydroxyarsonium soit dissocié :

(I *d*) $$2[H^2N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl = 2H^2N.C^6H^4.Cl + As^2O^3 + 3H^2O.$$

Et, de fait, la décomposition en tube scellé à 180-200° en présence de ClH a permis d'observer la formation de *p*-chloraniline en quantité d'autant plus importante que la quantité de ClH introduite est plus grande.

V. *Chlorure de p-nitrophényltrihydroxyarsonium*

$$[O^2N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl.$$

— Des essais ont d'abord été tentés pour décomposer ce chlorure dans un courant de ClH sec, en vase ouvert. Le chlorure fond au-dessous de 100°, mais, la température augmentant, un dégagement gazeux se produit au sein du chlorure fondu par suite de sa dissociation en ClH et acide *p*-nitrophénylarsinique qui reprend l'état solide et déflagre vers 275°. En tube scellé, chauffé 5 heures entre 220° et 250°, le chlorure de *p*-nitrophényltrihydroxyarsonium se décompose lentement et incomplètement avec formation de *p*-chloronitrobenzène

(I*e*) $$2[O^2N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl = O^2N.C^6H^4.Cl + As^2O^3 + 3H^2O.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les sulfates neutres d'aryle.* Note de M. **Léon Denivelle**, présentée par M. Delépine.

La littérature sur les sulfates neutres d'aryle, dont la théorie prévoit les trois espèces suivantes :

$$SO^2\langle{}^{OR}_{OR} \quad (I). \qquad SO^2\langle{}^{OR}_{OR'} \quad (II). \qquad SO^2\langle{}^{O}_{O}\rangle R^{II} \quad (III).$$

ne signale à notre connaissance que des représentants dérivant d'orthopolyphénols et répondant au troisième type [1].

La préparation des deux autres espèces de sulfates neutres, qui constituent des esters sulfuriques symétriques et mixtes, a pu être réalisée par l'action de chlorosulfates d'aryle sur les phénols en présence de pyridine :

$$R{-}O{-}SO^2Cl + H{-}OR = ClH + RO{-}SO^2{-}OR,$$
$$R{-}O{-}SO^2Cl + H{-}OR' = ClH + RO{-}SO^2{-}OR',$$

Les chlorosulfates d'aryle sont obtenus, soit par la technique que nous avons indiquée antérieurement en faisant agir le chlorure de sulfuryle sur les phénates alcalins [2], soit d'après une méthode nouvelle qui fera l'objet d'une publication séparée, en mettant en jeu des phénols et du chlorure de sulfuryle combiné à des bases pyridiques.

Les sulfates neutres sont obtenus avec des rendements voisins de 80 pour 100, par rapport au chlorosulfate mis en œuvre, en opérant par exemple de la manière suivante :

1^{mol} de chlorosulfate de phényle est introduite dans une solution de $1^{mol},25$ de phénol dans 2^{mol} de pyridine. Ce liquide, chauffé en tube scellé pendant 1 à 2 heures à 120°, se transforme en un produit visqueux rouge rubis, qu'on lave, après refroidissement, à l'acide chlorhydrique dilué pour éliminer les produits pyridiques, puis à la soude caustique pour dissoudre le phénol non transformé. Le résidu est repris au benzène; la solution benzénique, desséchée sur le sulfate de sodium anhydre, est traitée par le noir animal, puis distillée sous vide. A 144-146°, sous 1^{mm}, passe une huile légèrement verdâtre dont la composition centésimale et les propriétés correspondent à la formule $SO^2(OC^6H^5)^2$. On a trouvé pour 100 : S, 12,9; C, 57,0; H, 3,9 au lieu de S, 12,8; C, 57,6; H, 4,0.

---

(1) J. Pollak et F. Gebauer-Fülnegg, *Monatsh. f. Chem.*, **47**, 1926, p. 111; R. E. Schmidt, *Zeit. f. ang. Chem.*, **41**, 1928, p. 46.

(2) M. Battegay et L. Denivelle, *Comptes rendus*, **194**, 1931, p. 1505.

Lorsque le sulfate d'aryle obtenu est solide, la distillation n'est pas nécessaire, une cristallisation de l'alcool éthylique suffit pour isoler un produit pur. Nous avons préparé ainsi les sulfates symétriques suivants :

Sulfate de gaïacyle $SO^4_{(2)}[-C^6H^4-OCH^3_{(1)}]^2$, cristaux incolores fusibles à 54°, à partir du gaïacol et du chlorosulfate de gaïacyle $CH^3O.C^6H^4.O.SO^2.Cl$, $Éb_1 = 98°$.

Analyse. — Trouvé pour 100 : 10,4 de S au lieu de 10,3.

Sulfate de *p*-crésyle $SO^4_{(4)}[-C^6H^4-CH^3_{(1)}]^2$, cristaux incolores fusibles à 64-65°, à partir de *p*-crésol et du chlorosulfate de *p*-crésyle $CH^3.C^6H^4.O.SO^2Cl$, $Éb_{14} = 114\text{-}116°$.

Aanlyse. — Trouvé pour 100 : 11,47 de S au lieu de 11,51.

Sulfate de *m*-crésyle $SO^4_{(3)}[-C^6H^4-CH^3_{(1)}]^2$, cristaux incolores fusibles à 58°,5, obtenus à partir de *m*-crésol et de chlorosulfate de *m*-crésyle, $Éb_{14} = 115°$.

Analyse. — Trouvé pour 100 : 11,6 de S au lieu de 11,51.

Nous avons obtenu également divers sulfates mixtes comme, par exemple, le sulfate de phényle et de *p*-crésyle $C^6H^5O-SO^2-O_{(4)}C^6H^4-CH^3_{(1)}$; ce sulfate se présente sous forme de cristaux incolores, P. F. = 57°; il se forme par condensation, soit de chlorosulfate de phényle et de *p*-crésol, soit de chlorosulfate de *p*-crésyle et de phénol :

$$\left.\begin{array}{l} C^6H^5OSO^2Cl + HOC^6H^4CH^3 \rightarrow ClH + \\ C^6H^5OH + ClSO^2OC^6H^4CH^3 \rightarrow ClH + \end{array}\right\rangle C^6H^5OSO^2OC^6H^4CH^3.$$

Les sulfates neutres d'aryle sont insolubles dans l'eau, assez peu solubles dans l'alcool; par contre, ils se dissolvent avec une extrême facilité dans le benzène et ses homologues. Ils sont insolubles dans la soude caustique, même concentrée, mais une ébullition prolongée les scinde très lentement. La scission est plus rapide si l'on opère en solution avec de la potasse alcoolique qui permet de réaliser un contact intime; dans ce cas, après quelques heures d'ébullition, il y a formation quantitative d'acide sulfurique et de phénol.

L'insolubilité dans les alcalis et la scission avec mise en liberté d'acide sulfurique excluent l'éventualité de la formation des isomères, les phénolsulfonates d'aryle, du type $OH-C^6H^4SO^2OC^6H^5$.

En nous basant sur ces résultats, il ne nous paraît pas douteux que les composés solubles dans l'eau et non distillables, obtenus par Mazurowska [1] dans l'action de la chlorhydrine sulfurique sur les phénols, ne contiennent pas traces de sulfate d'aryle malgré leur composition centésimale voisine de celle de ces sulfates.

D'autre part, l'hypothèse de M. Richter [2], admettant dans l'action de l'acide sulfurique concentré sur le sulfite de phényle la formation inter-

---

(1) *J. prakt. Chem.*, **13**, 1876, p. 169.
(2) *Ann. der Chem.*, **416**, 1918, p. 291.

médiaire de sulfate de phényle réagissant immédiatement avec le sulfite en excès, nous paraît exclue, car nous avons pu constater que sulfate et sulfite de phényle, dans les conditions de travail de Richter, sont sans action l'un sur l'autre. Ces constatations cadrent d'ailleurs avec les résultats des recherches récentes de D. Libermann (1).

Nous devons enfin rejeter l'indication de J. Pollak, F. Gebauer-Fulnegg et R. Riesz (2) qui attribuent la constitution de sulfate de *m*-crésyle à un composé formé à l'état de traces dans l'action de la chlorhydrine sulfurique sur le *m*-crésol; en effet, ce composé, soluble dans l'eau, fond à 109°, alors que le sulfate de *m*-crésyle que nous avons préparé est insoluble dans l'eau et fond à 58°,5.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sphérolites à enroulement hélicoïdal des allantoïnes et leur coloration artificielle*. Note (3) de M. **Paul Gaubert**.

En montrant que l'allantoïde est un composé racémique et en préparant ses deux isomères dextrogyre et lévogyre, MM. R. Fosse, P.-E. Thomas et P. de Graeve (4) ont donné un grand intérêt à cette substance, non seulement au point de vue chimique, mais aussi cristallographique. Le but de cette Note est l'étude des sphérolites à enroulement hélicoïdal produits par les trois allantoïnes. Cette sorte d'édifice est en effet une des plus curieuses manifestations de la méroédrie holoaxe, mode de symétrie seul compatible avec l'existence du pouvoir rotatoire des cristaux.

Les sphérolites à enroulement hélicoïdal ne se produisent avec les allantoïnes, qu'avec une goutte de la solution sursaturée très étendue sur une lame de verre et encore leur formation n'est pas constante. L'enroulement des particules cristallines composant les fibres radiales se fait autour de la direction de l'indice de réfraction moyen n_m, coïncidant avec l'axe cristallographique *b* (les cristaux des trois allantoïnes sont monocliniques et le plus souvent allongés suivant l'axe *b*, surtout si la cristallisation est rapide). Les anneaux des sphérolites sont très serrés, le pas de l'hélice diminue avec la vitesse de cristallisation qui est très lente. Il peut ne pas dépasser 30μ.

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1421.
(2) *Monatsh. f. Chemie*, 46, 1925, p. 385.
(3) Séance du 9 juillet 1934.
(4) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 689, 1374, 1953; P.-E. Thomas et P. de Graeve, *Ibid.*, p. 2205.

L'addition à la solution d'une faible quantité de matière colorants dérivée du goudron de houille favorise singulièrement la formation des édifices hélicoïdaux. Le bleu de méthylène, le rouge neutre, la fuchsine, la crocéine, le brun Bismarck, la tartrazine, etc., donnent de bons résultats, mais il faut toujours que la goutte de la solution soit très étendue sur la lame de verre.

Les sphérolites colorés avec le bleu de méthylène sont les seuls examinés ici. Les fibres comme les cristaux isolés des trois allantoïnes sont très polychroïques. Elles sont bleues, quand leur direction coïncide avec la section principale du nicol et rouge violacé dans la position perpendiculaire. Les divers anneaux, correspondant à une orientation différente des éléments cristallins, n'ont pas la même coloration.

Ce qui est un peu imprévu, c'est que les allantoïnes racémique et lévogyre donnent à chaque essai des sphérolites enroulés, mais pas l'isomère dextrogyre. Avec ce dernier, il se produit bien des sphérolites dont les fibres sont plus ou moins larges, toujours colorées, mais sans enroulement.

L'allantoïne racémique ne devrait pas, si la symétrie de ses cristaux correspondait à celle de sa molécule chimique, donner des édifices à enroulement hélicoïdal. Pour expliquer l'existence de ces derniers, on peut faire plusieurs hypothèses:

1° l'enroulement est provoqué par la présence d'une faible quantité de substance active provenant de la décomposition de l'allantoïne et agissant comme les acides tartrique *d* et *l*, dans les expériences de F. Wallerant;

2° l'allantoïne racémique est polymorphe et une de ses formes cristallines donne des sphérolites à enroulement hélicoïdal, comme cela a lieu pour beaucoup de substances, vanilline, soufre, etc. (P. Gaubert).

Les caractères du polychroïsme des sphérolites indiquent que le bleu de méthylène se trouve à l'état cristallin et qu'il s'agit de la syncristallisation de deux substances différentes et non d'une solution solide [1]. Quand la préparation est chauffée vers 180°, le bleu de méthylène est détruit et les sphérolites d'allantoïne, devenus incolores et plus transparents, sont identiques à ceux d'une solution pure. Il y a donc là l'indication d'un procédé, qui pourrait être généralisé, pour obtenir à l'état pur des sphérolites enroulés sous l'influence d'une matière étrangère.

Le bleu de méthylène se trouvant à l'état de fibres très fines, biréfringentes et polychroïques, groupées régulièrement avec celles de l'allantoïne,

---

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 491.

donne des propriétés particulières aux sphérolites, qu'il serait trop long de décrire ici. Je ferai seulement remarquer que si les nicols du microscope ne sont pas rigoureusement croisés, les quatre secteurs séparés par les bras de la croix noire n'ont pas des teintes identiques. Cette observation est aussi susceptible d'une application générale. Une telle préparation permet, aussi bien que la lame de quartz d'E. Bertrand, de régler la position des nicols, et présente le grand avantage sur cette dernière d'être obtenue très facilement et de ne pas être coûteuse.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Effet de la température sur la maille cristalline de certains diacides normaux.* Note (1) de M. F. **Dupré la Tour** et Mlle A. **Riedberger**, présentée par M. M. de Broglie.

L'un de nous a montré (2) que, dans la série des diacides normaux, les termes inférieurs et les termes ayant un nombre élevé et *impair* d'atomes de carbone présentent un *dimorphisme* où la température joue un rôle important. Dans le présent travail, nous avons cherché l'influence de la température sur plusieurs diacides à nombre *pair* d'atomes de carbone; l'étude aux rayons X a été conduite à l'aide de *poudres* microcristallines.

On connaît dans ses grandes lignes la structure des diacides (3). Ils cristallisent dans le système monoclinique. L'axe b étant l'axe de symétrie, on choisit pour axe c la direction de plus grande longueur des molécules. L'axe a joint, dans le plan de symétrie, deux groupes terminaux COOH de deux molécules voisines; β est l'angle des axes a et c.

Nous avons constaté que la distance cristalline $a/2 \sin\beta$ se dilate de façon considérable quand on augmente la température; le coefficient de dilatation demeure le même jusqu'au voisinage immédiat du point de fusion. Des mesures faites sur $c \sin\beta$ il résulte que cette dilatation doit être attribuée pour la plus grande part à a. Nous appellerons k_a le coeffficient rapporté à 1° et 1 Å.

La variation thermique de b est très faible. Pour un accroissement de température de 80°, elle n'était pas nettement supérieure aux erreurs expérimentales.

(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) F. Dupré la Tour, *Ann. de Phys.*, 18, 1932, p. 234 et suiv.

(3) Cf. W. A. Caspari, *Journ. Chem. Soc. London*, 1928, p. 3235.

Voici les valeurs de k_a, et de l'équidistance $d_1 = c \sin \beta$ des plans (001) :

Acide.	$k_a \times 10^5$.	d_1.	Acide.	$k_a \times 10^5$.	d_1.
HOOC-$(CH^2)^8$-COOH.	27	11,02	HOOC-$(CH^2)^{14}$-COOH.	44	17,41
HOOC-$(CH^2)^{10}$-COOH.	30	13,04	HOOC-$(CH^2)^{16}$-COOH.	38	19,45
HOOC-$(CH^2)^{12}$-COOH.	57	15,44	HOOC-$(CH^2)^{18}$-COOH.	47	21,70

Ce tableau appelle les remarques suivantes :

1° Une dilatation considérable de l'axe a se remarque aussi chez les autres diacides, depuis l'acide succinique, et chez les monoacides : mais le phénomène se complique alors de polymorphisme [1]. Les paraffines elles-mêmes donnent lieu à des observations analogues [2]. Il semble donc que le fait d'une dilatation privilégiée de l'axe a soit général dans une maille cristalline, quand la molécule correspondante est essentiellement constituée par une chaîne en zigzag de groupes CH^2.

2° La valeur de k_a subit une brusque variation lorsqu'on passe de l'acide à 12^{at} de carbone au terme suivant. Dans la colonne des intervalles réticulaires, une discontinuité se manifeste au même point. Nous avons remarqué aussi une variation importante dans la manière dont « s'orientent » les couches minces des diacides. Entre les acides à 18 et 20^{at} de carbone, une seconde discontinuité se manifeste, moins accentuée.

3° La variation anormale de d_1 se rattache très probablement à une *variation anormale de l'angle* β. Tout ce que nous savons des longues chaînes aliphatiques nous incline en effet à croire que la molécule elle-même (ou l'axe c) subit un accroissement régulier de longueur à mesure qu'augmente le nombre d'atomes de carbone dans la même série (paire ou impaire).

D'autre part, l'inclinaison de la molécule sur le plan (001) (mesurée par l'angle β) est liée à la présence des groupes COOH de forte densité électronique : la même chaîne d'atomes de carbone, lorsqu'elle est terminée par des groupes CH^3, se place normalement à ce plan (paraffines). Il est probable, par conséquent, que la variation de cet angle β dépend aussi des liaisons entre groupes carboxyliques.

Imaginons une figure schématique, dans le plan de symétrie d'un cristal élémentaire. Deux molécules sont représentées par des segments de droites parallèles dont les extrémités figurent les carboxyles COOH.

---

(1) Nous avons laissé de côté l'acide HOOC-$(CH^2)^6$-COOH dont nous n'avions qu'un échantillon de pureté douteuse.

(2) A. Müller, *Proc. Roy. Soc. London*, A, **127**, 1930, p. 417, et **138**, 1932, p. 514.

Joignons chacun des carboxyles à ceux de la molécule voisine. L'ensemble dessine un parallélogramme avec ses deux diagonales (les côtés du parallélogramme ont pour longueur *a* et *c*). Les distances d'un carboxyle d'une molécule à ceux de la molécule voisine sont *a* et la grande diagonale ou *a* et la petite diagonale. La liaison suivant la grande diagonale est très faible. Il n'en est pas de même suivant la petite diagonale dont la longueur est de l'ordre de celle de *a*, et précisément très voisine de *a* pour l'acide à douze atomes de carbone. Quand la longueur de la chaîne croît, la liaison est moins énergique, il en peut résulter la constitution d'un nouvel équilibre qui se manifeste par un brusque relèvement de la molécule et un accroissement de distance entre les plans homologues (001).

La variation de ces forces de liaison entre molécules voisines situées dans le même plan (010) amène une perturbation dans le coefficient de dilatation thermique suivant *a*. On rencontre ainsi, en passant d'un terme au suivant, une série discontinue d'équilibres moléculaires, analogues à ceux que l'on observe en un même composé pour les autres termes du groupe des acides normaux (polymorphisme).

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Chaînes Provençales au nord-ouest et au sud du grand cañon du Verdon.* Note [1] de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

En rectifiant une interprétation tectonique antérieure des Chaînes Provençales aux environs de Castellane, j'ai montré [2] que les séries jurassiques plus ou moins plissées, de faciès provençal, comprises dans ces chaînes, doivent être considérées comme autochtones. Les observations, dont je réunis maintenant les résultats, au nord-ouest et au sud du grand cañon du Verdon, vont aboutir à de semblables conclusions.

A l'ouest de Rougon et au sud de Châteauneuf-de-Moustiers, les Calcaires Blancs portlandiens qui constituent la terminaison sud-est du massif allongé du Serre-de-Montdenier s'encapuchonnent très régulièrement dans l'Éocrétacé du Plan. Sur le versant oriental du Serre, au droit du signal du Chiran, ces calcaires, après avoir montré un plongement accentué à l'ENE, deviennent localement verticaux au contact du Crétacé inférieur qui forme la longue bande synclinale suivie par la haute Estoublaisse. Quant à l'anticlinal médian du chaînon, entamé par l'érosion jusqu'à l'Argovien dont j'ai

---

(1) Séance du 2 juillet 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2189.

mentionné (¹) les principaux éléments fauniques, il est régulier et légèrement déjeté vers l'WSW au droit des Vincels. Ce repli est bordé au Nord par la gouttière éocrétacée de Féraud à laquelle fait suite la crête jurassique de Mayaiche formant anticlinal. A cette série du Serre-de-Montdenier se rattache le chaînon Courchon-Signal de Barbin avec un Jurassique de même faciès provençal, séparé du précédent par le synclinal néocomien Venascle-Issarpaye. Une coupe transversale W-E de l'ensemble considéré montre donc trois anticlinaux jurassiques flanqués de trois synclinaux néocomiens complémentaires, plis droits dans la partie culminante du Serre-de-Montdenier, déjetés vers l'W de part et d'autre du synclinal de Venascle. On connaît, plus à l'Ouest encore, le déversement post-pontien de ce complexe au-dessus de Saint-Jurs et de Moustiers-Sainte-Marie. Les observations que nous avons énoncées à ce sujet, W. Kilian et moi, restent acquises et M. Albert F. de Lapparent les a confirmées par des études minutieuses (²). Mais il importe de remarquer, ici encore, l'*enracinement* du chaînon du Serre-de-Montdenier, enracinement qui se vérifie, au Nord, aux environs immédiats de Trévans.

Venons maintenant au sud du cañon du Verdon et aux massifs qui l'encadrent. Les faciès provençaux qui caractérisent le Néojurassique y sont accusés par la présence d'intercalations dolomitiques importantes dans les Calcaires Blancs coralligènes et d'un niveau assez épais de Dolomies grises à la base. L'épaisseur de ce Jurassique supérieur est considérable si on la compare à la section normale du même terme sur les autres affleurements accessibles de la région. Elle atteint 400^{m} dans quelques étroits du cañon (Couloir Samson, les Baumes Fères, la Mescla). On peut l'attribuer à d'importantes ondulations qui ont provoqué des replis et des répétitions de couches dans la masse jurassique. L'observation des parois du défilé, quelque malaisée qu'elle soit, permet, d'ailleurs, de constater ces alternances en plusieurs points, par exemple entre la Mescla et l'issue occidentale, en amont du pont d'Aiguines. Au nord de la Colle de Breis, sous Rougon, la vallée du Verdon, momentanément élargie vers l'ouverture W de la clue jurassique de Carejuan, entame un de ces replis dans les Dolomies, découvrant même, dans l'axe, quelques bancs froissés de Séquanien.

Nous avions constaté, W. Kilian et moi, que ce repli formait charnière anticlinale, déversée au Nord, mais la masse néojurassique, à l'Est, s'enfonce régulièrement sous l'Éocrétacé et le Cénomanien de la Vallée du Jabron, au nord et au sud de Trigance. A l'Ouest, elle se raccorde avec l'étendue des Plans de Canjuers. L'ensemble, profondément entaillé par les cañons du Verdon et de l'Artuby inférieur, montre une extension orientale jusqu'au delà de Comps et occidentale jusqu'au chaînon de Bauduen. L'exploration de sa partie supérieure permet d'observer plusieurs ondulations anticlinales du Néojurassique enserrant de minces gouttières d'Éocrétacé, la plupart de ces accidents gardant un alignement WNW-ESE sur le versant nord du Petit Plan de Canjuers aussi bien qu'au-dessus de Comps (Bois de Sioune, Saint-Bayon). Alignement qui reste, d'ailleurs, celui des témoins synclinaux d'Éocène inférieur de Lagnerose, de la Darre, de Vérignon, plus au Sud.

Sur les sommets qui dominent le cañon du Verdon au sud de Rougon, ces replis

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 634.
(²) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1933, p. 62 et 86.

anticlinaux apparaissent déjà, en particulier au nord et au nord-ouest du Signal de Breis. On les remarque encore au Collet Barris et au nord du Grand Plan de Canjuers avec la même direction WNW-ESE. Les culminants du Petit Plan de Canjuers correspondent à une importante crête anticlinale, surélevée au NW avec le Signal d'Aiguines dont la charnière, profondément érodée dans les pentes du cañon, découvre le Jurassique inférieur. Au sud et à l'ouest du Grand Plan, de semblables ondulations intéressent le versant nord des hautes collines de la Béoubre. L'une, entamée par un petit ravin à l'ouest de la Bastide de la Nouguière, montre un anticlinal d'Argovien entouré de Séquanien. L'autre n'affecte que les Calcaires Blancs ployés au nord du Bois de Mocrouis. Elle est en relation évidente avec une flexure très accentuée qui domine la tête du grand ravin taillé dans le Néojurassique au sud de Chanteraine.

Il convient de remarquer que les couches du flanc méridional de ces grandes ondulations anticlinales sont affectées d'un pendage sud dominant et régulier, le flanc nord se montrant plus ou moins déjeté. Cette observation s'applique, en particulier, à la retombée septentrionale du pli du Signal d'Aiguines où quelques bancs du noyau Callovien-Bathonien atteignent la verticale, de même que des Dolomies comprises dans un repli secondaire de ce flanc.

On sait, par la traduction graphique initiale que Ph. Zurcher a donnée de cette région, que de nombreux accidents transversaux affectent la partie des Chaînes Provençales que je viens d'envisager. Certaines de ces ruptures ont été interprétées comme des contacts par recouvrement. J'exposerai, dans une Note prochaine, l'analyse de quelques-uns de ces accidents qui ont souvent le caractère de cassures d'assez faible rejet. Cependant, la surélévation d'axe et le décrochement du grand pli du Signal d'Aiguines ont plus d'importance, comme je l'ai montré en rattachant ces faits aux dislocations post-pontiennes de la région [1].

Quelles que soient, d'ailleurs, les constatations d'ordre tectonique et les attributions d'âge géologique qui résulteront de l'étude attentive des ruptures transversales subies par l'ensemble structural en question, il importe de retenir le *caractère d'autochtonie* des séries néojurassiques considérées. Toutes présentent un *faciès provençal* mais la situation tectonique de chacune d'elles ne comporte aucune translation lointaine. Quant aux ondulations et aux replis qui affectent ces séries enracinées, il semble possible de les rattacher initialement aux mouvements antéoligocènes, de sens et de direction provençaux, reconnus aux environs de Castellane et dans les régions varoises plus méridionales.

---

[1] *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1933, p. 77.

BOTANIQUE. — *Cultures expérimentales de Fougères; formation de prothalles aposporiques.* Note de M. **Aurélian Vladesco**, présentée par M. Molliard.

Après avoir précisé (¹) certains faits peu ou pas connus sur le développement ontogénique du sporophyte chez différentes espèces de Fougères, cultivées en conditions normales, il nous a paru intéressant de poursuivre des recherches analogues en conditions expérimentales afin de savoir si les observations contradictoires des auteurs n'étaient pas dues à une plasticité du jeune sporophyte sous l'action variée des facteurs extérieurs. En effet, si les observations de Leitgeb (1878 et 1879) sur *Marsilia* et *Ceratopteris* s'opposent à cette hypothèse, celles de Paul Becquerel (²) sur *Polystichum Filix-mas* semblent au contraire la suggérer.

Nous donnons dans cette Note les principaux résultats concernant le développement de *Ceratopteris thalictroides*, *Dryopteris parasitica* et *Gymnogramme sulphurea* en cultures pures sur milieu minéral liquide.

Les spores, récoltées aseptiquement, sont ensemencées sur les milieux de Knop et de Marchal, dans des flacons à fond plat bouchés au coton et préalablement stérilisés. Les cultures sont maintenues à la lumière diffuse et à une température de 22° C. à 30° C. Les spores germent au bout de quelques jours aussi bien à la surface du liquide qu'en profondeur. Mais tandis que les prothalles flottants acquièrent l'aspect cordiforme normal, ceux qui se développent au sein du liquide se présentent le plus souvent comme de longs filaments, simples ou ramifiés, à l'exception de ceux de *Ceratopteris* qui, même submergés, deviennent cordiformes. Les lames prothalliennes se dressent perpendiculairement à la direction de la lumière ce qui détermine uue dorsiventralité du prothalle; la face ventrale, portant les anthéridies et les archégones se trouve du côté opposé à la lumière. En plaçant les cultures sur un miroir, les organes reproducteurs apparaissent sur les deux faces du prothalle qui sont à peu près également éclairées. Tous les prothalles produisent des anthéridies après 2 ou 3 mois de végétation, tandis que seuls les prothalles lamelleux ayant une certaine vigueur portent des archégones.

Après avoir examiné au microscope l'ouverture des archégones et l'entrée

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1415; **196**, 1933, p. 1241.
(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1265.

des anthérozoïdes, les prothalles porteurs de zygotes ont été placés soit sur une couche de coton qui trempe dans le liquide nutritif, soit à la surface du liquide même, soit submergés dans celui-ci. Dans la plupart des cas les prothalles avaient des positions très variées; sauf chez *Dryopteris parasitica* où certains prothalles ont été maintenus en position verticale avec l'apex en bas.

Les premières segmentations du zygote ont la même orientation et se succèdent de la même manière que dans les conditions normales aussi bien dans le cas des prothalles flottants que dans celui des prothalles submergés, même lorsque ceux-ci ont une position inversée.

Le développement ultérieur de l'embryon se poursuit normalement lorsque les prothalles sont maintenus à la surface du liquide ou sont placés sur coton. Au contraire, lorsque ceux-ci sont submergés la croissance du jeune sporophyte est considérablement ralentie. En outre, dans ce dernier cas, on peut constater une orientation différente des cloisonnements dans les deux octants postéro-inférieurs et une différenciation tardive ou une suppression de l'initiale de la première racine (*Gymnogramme sulphurea*). Les quartiers cellulaires correspondant aux octants primitifs restent distincts jusqu'à des stades relativement avancés, ce qui permet de constater que les organes végétatifs de l'embryon s'individualisent comme en conditions normales.

Le jeune sporophyte peut subir des modifications d'un plus grand intérêt morphologique après l'éclatement de l'enveloppe archégoniale. Dans toutes les espèces les plantules cultivées sur coton se développent normalement. Les plantules de *G. sulphurea* et de *D. parasitica* portées par des prothalles flottants ont une taille plus réduite, une structure plus simple et présentent une réduction du nombre des racines, alors que *C. thalictroides*, espèce normalement aquatique, ne subit aucune modification appréciable.

Les plantules entièrement submergées présentent des modifications plus importantes qui varient suivant l'espèce considérée. Chez *C. thalictroides*, il y a développement plus lent qu'à la surface du liquide, réduction dans la taille et simplification dans la structure des feuilles. Chez *D. parasitica*, il y a de plus suppression des racines et arrêt du développement du sporophyte au stade à deux ou trois feuilles; ces dernières peuvent produire des poils absorbants. Chez *G. sulphurea*, les modifications précédentes sont encore plus accusées et il y a en outre production de prothalles aposporiques. Le développement du sporophyte s'arrête généralement au stade

à une seule feuille et parfois à une ébauche de racine. Au bout du limbe de cette feuille apparaissent une ou deux lames prothalloïdes, tandis que le massif initial se trouvant à la base du pétiole est entièrement employé à la constitution d'un ou de plusieurs organes morphologiquement peu définis et qui prennent parfois l'aspect de prothalles filamenteux. Cultivées séparément sur coton imbibé de solution Knop ou sur de la terre, ces formations acquièrent l'aspect des prothalles normaux et produisent des organes reproducteurs fonctionnels. D'autre part, les plantules portant des ébauches prothalliennes et restées entièrement vivantes sont capables de se réadapter aux conditions naturelles de végétation et de reprendre leur évolution normale.

En résumé : le développement ontogénique du sporophyte en cultures pures sur milieu minéral liquide se montre susceptible de modifications importantes, mais seulement dans les stades qui suivent l'éclatement de l'enveloppe archégoniale. Les jeunes sporophytes provenant de zygotes et restés entièrement vivants peuvent produire des prothalles aposporiques lorsqu'ils se développent sur des gamétophytes submergés, ce qui constitue un fait nouveau.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Reproduction expérimentale de maladies cryptogamiques du papier.* Note de MM. **Auguste** et **René Sartory**, **Jacques Meyer** et **Hans Bäumli**.

Au cours de nos recherches sur les maladies du papier, il nous a été permis d'isoler cinq champignons inférieurs appartenant aux genres : *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Actinomyces* et *Monilia*.

Afin de fixer les propriétés cellulophages de ces microorganismes, nous avons constitué deux groupes d'expériences, les unes ayant pour but d'établir macroscopiquement le pouvoir cellulolytique de ces champignons, les autres ayant trait aux investigations microscopiques.

Dans le premier cas les bandes de papier vierge préalablement examinées ont été introduites dans des tubes de *Roux* et de *Borrel;* on les a ensuite tyndallisées à $+100°$. Nous avons procédé à l'ensemencement par piqûre à l'aide d'une aiguille de platine; les milieux ont été disposés à la température de $+27°$.

On constate tout d'abord la formation d'une tache au bout de quelques jours : celle-ci présente la pigmentation caractéristique de chaque orga-

nisme, constatée pour les colonies qui avaient poussé spontanément sur le papier. Toutefois *Actinomyces* et *Monilia* donnent des altérations incolores, beaucoup plus tardivement constatables à l'examen macroscopique.

Ce n'est que plusieurs semaines ou plusieurs mois après l'infestation que les taches atteignent leur parfait développement; elles prennent alors l'aspect des macules constatées chez les papiers piqués spontanément. La destruction des fibres cellulosiques constitue un phénomène tardif qui apparaît seulement au bout de plusieurs mois; la perforation du papier demande un temps encore plus long, pouvant atteindre deux ans, comme il nous a été donné de le constater à plusieurs reprises.

Les champignons sont en général fixés de deux façons sur la cellulose : les uns poussent directement à la surface du papier; ils peuvent être très facilement détachés au moyen d'une aiguille; ces organismes se développent sur le substrat au moyen d'appareils reproducteurs asexués d'origine externe : nous citerons ici les *Aspergillées*.

Les autres parasites présentent des éléments fragiles, se brisant habituellement au moindre effort de traction dans un but d'enlèvement. Ils sont fortement attachés et enfouis dans les fibres cellulosiques : on les caractérise par la présence d'éléments de conservation très fortement cutinisés et pigmentés. Le plus souvent ces formes sont disposées en chapelets irréguliers ou en petits groupes plus ou moins polymorphes avec des vestiges de filaments mycéliens très peu développés. Nous donnerons ici comme exemples le *Cladosporium herbarum* var. *cellulosæ* et une espèce du genre *Monilia*.

Un premier groupe comprend des organismes qui ne doivent produire que des enzymes cellulolytiques strictement endogènes; un second renferme des champignons dont les ferments cellulolytiques doivent être facilement diffusibles : dans ce cas la cellulose est désagrégée suivant une direction centrifuge.

Au cours de nos recherches microscopiques, nous avons fait usage de boîtes de Borrel fermées au moyen d'une lamelle : le milieu de culture est constitué par des fibres cellulosiques obtenues par râpage et dilacération à l'aiguille; ces fibres ont été émulsionnées dans de l'eau distillée stérilisée et une petite quantité de cette émulsion a été disposée sur la lamelle de la boîte de Borrel de façon que nous ayons la possibilité d'observer microscopiquement chaque fibre isolément. L'ensemencement a été opéré de deux façons : tout d'abord par frottement des fibres au moyen d'une öse chargée de culture filamenteuse; ensuite au moyen de spores provenant de cultures

âgées. Au fur et à mesure on a procédé au remplacement de l'eau disparue par évaporation. Les cultures ont été soumises à des observations fréquentes, ceci pendant plusieurs mois.

Les cultures réalisées en ensemençant uniquement des conidies nous ont montré que ces éléments étaient incapables d'attaquer les fibres cellulosiques. Les cultures restent à l'état latent durant 20 à 26 jours : à ce moment on assiste à la germination des conidies qui donnent naissance à de courts filaments; ceux-ci à partir du 30e jour pénètrent à l'intérieur des fibres cellulosiques et la désagrégation de la cellulose commence.

Les expériences faites en ensemençant les fibres par frottement au moyen d'une öse chargée de culture filamenteuse ont montré que les organismes se répartissaient en deux groupes :

Le premier comprend des champignons ne produisant des enzymes cellulolytiques qu'à l'état filamenteux; les *Fusarium* attaquent le cellulose au moyen de filaments stériles, les *Aspergillus* par des formes filamenteuses cloisonnées, les *Cladosporium* par l'intermédiaire de filaments désarticulés. Les enzymes produites par ces trois genres sont des endoferments.

Le deuxième groupe renferme les genres *Actinomyces* et *Monilia*; l'attaque de la cellulose se fait par les spores, sans formation de pigment : nous avons affaire ici à des exoferments.

Le tableau suivant résume nos observations en ce qui concerne l'apparition et la durée de l'action cellulophage :

Champignons.	Début de la dégradation.	Arrêt de la dégradation.
Aspergillus	du 8e au 12e jour	du 40e au 45e jour
Fusarium	du 30e au 36e jour	du 48e au 50e jour
Cladosporium	du 5e au 8e jour	du 40e au 45e jour
Actinomyces	du 3e au 4e jour	pas d'arrêt le 50e jour
Monilia	du 3e au 4e jour	pas d'arrêt le 50e jour

Pour les trois premières espèces la dégradation s'effectue suivant un cycle ininterrompu; elle s'arrête prématurément par suite de l'accumulation de produits inhibiteurs provenant de la désassimilation.

Les deux autres parasites accomplissent l'assimilation cellulosique suivant des cycles progressifs et leur propriété biogénétique semble s'adapter aux conditions physicochimiques externes résultant de l'action assimilatrice des champignons en présence de cellulose.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La germination des graines de* Thesium humile *exige l'intervention de champignons saprophytes.* Note de M. **Ch. Chabrolin**, présentée par M. Blaringhem.

Dans la nature, les akènes de cette Santalacée annuelle, parasite des céréales en Tunisie, germent en l'absence de plante-hôte. Mais, dans tous les cas, leurs parois sont infiltrées de filaments mycéliens appartenant à des champignons saprophytes : *Alternaria tenuis*, *Macrosporium commune*, *Cladosporium herbarum*, etc. Ces champignons ne pénètrent pas dans l'albumen. Leur intervention est indispensable. En effet :

1° en milieu aseptique, dans des conditions pourtant très variées, aucune germination de graine intacte n'a pu être obtenue ;

2° dans du sable stérilisé par un séjour de 2 heures à l'autoclave à 120°, des graines désinfectées au sublimé germent avec un retard de plus de 1 mois par rapport aux graines qui, stérilisées dans les mêmes conditions, sont placées dans du sable ordinaire; le pourcentage final de germination est réduit de moitié. Or, toutes les graines qui germent sont infectées par les champignons précédents; leur germination dans du sable stérile est donc subordonnée à des infections par des spores apportées du dehors;

3° si, par frottement sur du papier émeri, on enlève le parenchyme chlorophyllien desséché qui entoure la coque de sclérenchyme, la vitesse de germination est diminuée et le pourcentage final réduit de moitié par rapport à des graines intactes placées dans les mêmes conditions de milieu. Le parenchyme sert d'aliment aux champignons qui n'attaquent qu'ensuite le sclérenchyme, beaucoup moins favorable à leur développement.

Des essais de germination réalisés en présence de cultures pures d'un des champignons prélevé sur les graines germant ont donné des résultats positifs partiels.

En milieu aseptique, les graines germent si l'on sectionne au rasoir la coque de sclérenchyme. On obtient couramment ainsi, entre 10 et 20° et à l'obscurité, 100 pour 100 de germinations.

Comme les parois de la graine sont perméables à l'eau (en 48 heures, l'albumen de graines intactes absorbe 26 pour 100 de son poids d'eau), il faut admettre que, dans la graine intacte, la force de gonflement de l'albumen est inférieure à la résistance à l'éclatement de la coque de sclérenchyme. Les champignons qui interviennent dans la nature peuvent, soit désorga-

niser cette coque et diminuer sa résistance à l'éclatement, soit solubiliser à distance les réserves de l'albumen et augmenter ainsi la pression osmotique du contenu des cellules de ce tissu. La première hypothèse est la plus simple et la plus vraisemblable.

Pris dans leur ensemble, ces faits paraissent avoir une portée qui dépasse de beaucoup le cas des graines de *Thesium*. La germination des noyaux (Pêcher, Olivier, etc.) et celle de tous les fruits à parois coriaces (*Raphanus Raphanistrum*, *Rapistrum orientale*, etc.) semble soumise aux mêmes exigences.

On est enfin, par analogie, amené à considérer que la pulpe des drupes joue, dans la germination, le même rôle indirect que le parenchyme chlorophyllien des graines de *Thesium*. On ne devrait alors plus tenir la pulpe des drupes pour un tissu biologiquement inutile à la conservation de l'espèce. Et la germination des graines coriaces (noyaux d'Olive par exemple) devrait être recherchée dans des conditions de milieu favorables au développement des microorganismes saprophytes dont l'intervention paraît nécessaire.

AGRONOMIE. — *Sur l'absorption négative dans le sol, l'argile et l'humus.* Note de M. G. **Barbier**, présentée par M. P. Viala.

Il est bien établi que les solutions aqueuses d'un grand nombre de sels subissent un accroissement de leur concentration par contact avec des terres, des argiles ou des permutites préalablement desséchées (Mattson, Oakley, Szigetti). Ce fait implique que les substances envisagées sont susceptibles d'absorber soit un certain volume d'eau, soit une solution moins concentrée que celle ajoutée, le sel se trouvant accumulé dans la fraction du liquide restée libre; cette propriété caractérise l'absorption négative. La théorie de Donnan permet d'interpréter ce phénomène : la pression osmotique propre des micelles colloïdales déterminerait une attraction du solvant vers l'intérieur des particules à structure de gel (avec comme conséquence leur gonflement), et un refoulement des sels dissous ayant un ion commun avec les micelles.

Technique. — La matière expérimentée a été mélangée avec une solution aqueuse d'un nitrite, puis centrifugée, et l'on a déterminé par colorimétrie l'accroissement du titre du liquide en NO^2. Il a été vérifié d'autre part que, dans les cas étudiés, les ions NO^2 introduits restent dissous en totalité. L'augmentation de leur concentration

est donc susceptible de mesurer fidèlement l'intensité de l'absorption négative. Les résultats ont été exprimés en eau « non libre » pour 100 de matière sèche, cette expression désignant le poids d'eau qu'aurait dû absorber la phase solide pour que le titre de la solution s'élève de la quantité mesurée.

Des essais effectués sur une terre à briques nous ont montré que l'absorption négative est relativement d'autant plus intense que la solution est moins concentrée, l'eau dite non libre augmentant rapidement, suivant une courbe hyperbolique, en dessous d'une concentration d'environ 0,001 N.

La même terre, saturée de divers cations, a fourni les résultats suivants :

Nature du cation échangeable	Ca.	Mg.	K.	Na.
Eau non libre pour 100 (concentration : 0,001 N)	7,7	9,35	10,1	14,3

On voit que l'absorption négative varie selon la nature de l'ion fixé dans le sol.

Influence de l'absorption négative sur la composition ionique des solutions du sol. — Étant donné que l'absorption négative dépend de la concentration et de la nature de l'ion envisagé, on peut présumer que le phénomène en question se manifestera avec une intensité différente pour les divers ions coexistant dans un même sol. Nous avons pu vérifier cette hypothèse en ce qui concerne K et Ca : une terre de limon a été pétrie avec un petit volume d'eau, puis la solution de sol a été extraite par pression progressive; nous avons constaté que la première portion du liquide exprimé est plus concentrée en K que la seconde, tandis que leur titre en Ca est sensiblement le même. Il y a donc augmentation du rapport K/Ca dans la fraction du liquide la plus facilement extractible. Des essais de culture sur solutions nous ont montré que ce redressement de la balance K/Ca peut avoir une répercussion marquée sur la végétation [1].

Comparaison des colloïdes argileux et humiques.

	Argile calcique.	Humate calcique.
Avant dessiccation :		
Eau non libre pour 100	53	118
» par milli-éq. de Ca échangeable	1,3	0,4
Capacité pour l'eau (centrifugation) pour 100	203	885
Eau non libre/capacité pour l'eau	0,26	0,13
Après dessiccation à 50° :		
Eau non libre pour 100	35	26

[1] *C. R. Ac. Agric.*, 20, 14 mars 1934, p. 385.

Ces résultats suggèrent que la grande capacité de l'humate pour l'eau est due surtout à une rétention mécanique d'eau d'interposition, tandis que le gonflement d'ordre osmotique est relativement plus accusé dans le cas de l'argile. On voit aussi que l'argile se comporte comme un colloïde en grande partie réversible, tandis que l'humate subit une pectisation marquée.

Cas du complexe argilo-humique. — Nous avons fixé sur une terre à briques des doses croissantes d'acides humiques du fumier.

Acides humiques pour 100		0,0	1	2	4
Après dessiccation	Eau non libre pour 100	6,1	6,2	6,2	5,6
	Capacité pour l'eau (égouttage sur le vide)	27	36	38	39

On voit que le comportement du complexe argilo-humique vis-à-vis de l'eau n'est nullement une propriété d'addition de ses constituants. Nous avons constaté, d'autre part, que la terre exempte d'acides humiques s'imbibe rapidement en se contractant et en se fendillant, tandis qu'il suffit qu'elle ait fixé 1 pour 100 d'acides humiques pour s'imbiber plus lentement en conservant son volume initial. Les acides humiques fixés par l'argile ont donc pour effet de s'opposer à l'action de forces de cohésion tendant à réduire les espaces lacunaires du sol.

Conclusions. — Les faits observés confirment que le sol ne saurait être considéré comme un assemblage de particules solides entre lesquelles circulerait librement une solution homogène, et que la fraction du liquide la plus énergiquement retenue par les colloïdes du sol est moins concentrée en sels que sa fraction la plus mobile. Nous avons montré que cette accumulation d'électrolytes dans le liquide libre peut être nettement plus accusée, dans un même sol, pour certains ions présents en petite quantité tels que K, que pour d'autres plus abondants tels que Ca.

La fixation de l'eau sous un état non libre, propriété que l'absorption négative permet de préciser, est plus énergique dans le cas des colloïdes argileux que dans le cas des colloïdes humiques. D'autre part, l'addition de petites quantités d'acides humiques aux terres argileuses n'exerce pas d'influence marquée sur leur pouvoir de fixation d'eau non libre, bien qu'elle augmente considérablement leur capacité totale de rétention de l'eau.

ZOOLOGIE. — *Sur le déterminisme de la dualité d'évolution des larves chez* Polystomum integerrimum *Frœlich.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans ces dernières années, j'ai repris l'étude et l'analyse des faits singuliers mis en évidence par E. Zeller [1] dans la reproduction de *Polystomum integerrimum* Frœlich. J'ai confirmé [2] dans leur ensemble les observations de l'auteur allemand.

Mais, ceci établi, il n'en résultait pas fatalement que l'interprétation donnée par Zeller fût adéquate. Celui-ci pensait, en effet, que le sens de l'évolution des larves était déterminé par la facilité plus ou moins grande qu'elles avaient de se nourrir : les larves fixées sur de jeunes têtards, absorbant facilement et en grande quantité du sang, évoluaient très rapidement et devenaient néoténiques, celles qui se fixaient sur des têtards âgés se nourrissaient difficilement, et pendant leur vie sur le têtard, demeuraient très sensiblement au stade gyrodactyloïde [3] qu'elles avaient à l'éclosion. A la métamorphose du têtard, elles passaient dans la vessie et évoluaient lentement pour devenir adultes en trois ans.

On pouvait, *a priori*, donner des faits connus une explication différente : 1° en songeant à un mécanisme parthénogénétique, qui, au moment de la fécondation, réaliserait deux types d'œufs; 2° en admettant, avec plusieurs helminthologistes d'ailleurs, que Zeller avait confondu deux espèces. Enfin, même en adoptant l'explication de Zeller, il restait à préciser : 1° ce qu'il adviendrait de larves se fixant sur des têtards d'Anoures appartenant à d'autres genres ou espèces; 2° s'il n'était pas possible de perpétuer le type néoténique, en faisant se fixer sur des têtards très jeunes chaque génération de larves issues de ces Polystomes néoténiques; 3° quel était le mode d'action du sang ingéré.

Je ne puis que donner ici les conclusions générales auxquelles m'ont amené les expériences entreprises. Aucune observation ne m'ayant permis

(1) *Untersuchungen über die Entwicklung und den Bau des* Polystomum integerrimum (*Zeits. für wiss. Zool.*, **22**, 1872, p. 1-28); *Weitere Beiträge zur Kenntniss* Polystomum integerrimum (*Ibid.*, **27**, 1876, p. 238-275).

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 185; **195**, 1932, p. 77.

(3) J'ai proposé ce terme pour les larves de Trématodes monogénétiques, qui, à la sortie de l'œuf, ressemblent à un Gyrodactyle (voir *Bull. Soc. zool. de France*, **59**, 1934, n° **1**, p. 68).

d'étayer l'idée de parthénogenèse, je me suis attaché à élucider l'hypothèse d'une dualité d'ordre génétique des larves. Nul criterium morphologique, histologique, ou cytologique ne m'a permis de distinguer deux types de Polystomes de vessie. J'ai réalisé alors un certain nombre d'expériences, dont l'un des schémas essentiels est le suivant :

Tous les œufs pondus par un Polystome vivant *seul* dans une vessie de grenouille sont récoltés et divisés en 2 lots A et B. Au moment de l'éclosion des larves, de jeunes têtards possédant des branchies externes bien développées, sont exposés à l'infestation dans le cristallisoir contenant le lot B; des têtards plus âgés et d'âge croissant à chaque expérience sont placés de même au contact du lot A. Je disposais ainsi 10 têtards en moyenne dans chaque cristallisoir, l'infestation durait environ 48 heures. Dans les jours qui suivaient, les têtards étaient disséqués. A la dissection, il est très facile d'identifier deux types de larves : *néoténiques* et *gyrodactyloïdes*.

D'une manière très générale, en A, et pour des têtards infestés après l'âge de 8 à 12 jours, j'ai trouvé des larves gyrodactyloïdes, en B des larves évoluant en néoténiques. Exceptionnellement, dans quelques expériences, en A et B les larves étaient toutes restées gyrodactyloïdes. Dans quelques cas encore plus rares, en A, sur des têtards âgés de plus de 15 jours, il y avait, à côté de très nombreuses larves gyrodactyloïdes, quelques néoténiques qui s'étaient développés.

Ces deux exceptions, sur l'explication desquelles je ne puis m'étendre ici, ne sauraient masquer le fait général suivant : que les lots d'œufs proviennent de un ou de plusieurs Polystomes, les larves qui en éclosent *évoluent très généralement en néoténiques, lorsqu'elles se fixent sur de jeunes têtards et restent au stade gyrodactyloïde lorsqu'elles se fixent sur des têtards qui* (*élevés à* 20°) *ont plus de* 8 *à* 12 *jours*.

J'ai obtenu des néoténiques sur des têtards de *Discoglossus pictus* Oth. Chez des têtards d'*Alytes obstetricans* Laur, âgés de 6 mois et plus, bien que les larves de Polystome se fixent facilement sur des branchies, j'ai constaté, qu'après 10 à 15 jours de fixation, elles disparaissaient. Pendant leur séjour, aucune n'a présenté de développement néoténique.

J'ai essayé d'obtenir deux générations néoténiques consécutives, en faisant fixer sur de très jeunes têtards des larves provenant d'individus de ce type. Contrairement à ce qu'il eût été logique de prévoir, ces larves sont toutes demeurées gyrodactyloïdes et ont émigré dans la vessie à la métamorphose de la grenouille, où elles ont poursuivi leur lente croissance.

Les résultats précédents montrent qu'il n'y a qu'un seul type de *Polystomum integerrimum*, dont les larves évoluent dans deux sens différents suivant l'âge du têtard qu'elles infestent. Cette indétermination toutefois ne s'étend pas à une seconde génération. Dans la première génération, le sort des larves semble lié aux conditions de nutrition rencontrées sur l'hôte, l'évolution néoténique résultant de la possibilité d'ingérer du sang du têtard, ce qui est mécaniquement plus aisé sur de très jeunes animaux. L'évolution ralentie se produit quand la larve ne se nourrit pas sur le têtard; le sang qu'elle ingérera ultérieurement dans la vessie de la grenouille métamorphosée doit avoir des propriétés hormoniques différentes.

J'incline donc à penser que la dualité évolutive des larves de *Polystomum integerrimum* est due à une réaction morphogène, déterminée par la quantité et la qualité du sang ingéré. Ces faits me paraissent du même ordre que ceux qui déterminent l'évolution de larves de Bonellie [1] vers l'un ou l'autre sexe.

ZOOLOGIE. — *Phagocytose active des sarcolytes des muscles longitudinaux, après l'évacuation des ovules, chez* Nereis diversicolor *O.-F. Müller.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. M. Caullery.

On sait que ce Néréidien, remarquable par son euryhalinité et son eurythermie, ne présente pas de métamorphoses; ainsi qu'un petit nombre d'autres espèces de ce groupe, il ne possède pas de forme épitoque, ses fibres musculaires longitudinales et obliques n'offrent pas la curieuse modification en fibres du type hétéronéréidien. Les femelles pondent dans les innombrables galeries dont elles creusent la vase des estuaires; à la suite de l'évacuation des ovules par les déchirures tégumentaires, ces femelles plus ou moins vidées se reconnaissent à leur mobilité diminuée et au fait que l'extrémité postérieure, contractée et fripée, a tendance à agglutiner de la vase et à se nouer (Herpin, 1926).

La présente Note se rapporte à l'examen histologique de plusieurs exemplaires qui furent récoltés dans cette condition. Toutes ces femelles sont marquées par des phénomènes de dégénérescence plus ou moins accusés; dans celles qui renferment encore un petit nombre d'ovules mûrs (250^{μ}), on note la régression habituelle de l'épithélium intestinal et l'amincisse-

(1) Voir en particulier F. Baltzer, *Mitth. Zool. Stat. Neapel*, **22**, 1914, p. 1-44.

ment du tégument, tandis que la musculature longitudinale est indemne. Mais la musculature circulaire, disparue presque en entier, a fourni des sarcolytes fuselés, presque tous phagocytés à ce moment par des néphro-éléocytes. Quelques ovules surmatures meurent dans le cœlome même et deviennent des masses brunes enkystées par d'épais enveloppements de linocytes. Mais, chez d'autres exemplaires à un stade plus rapproché de la mort naturelle, l'histolyse est beaucoup plus accentuée : tout d'abord, il faut noter la réduction extrême de l'épithélium digestif, montrant que l'animal ne s'alimente plus depuis longtemps. Cependant la chaîne nerveuse conserve son intégrité morphologique; il en est de même pour les néphridies, pour les fibres musculaires obliques, ainsi que pour les importants massifs de glandes à mucus des languettes parapodiales. Par contre, les muscles longitudinaux sont le siège de phénomènes régressifs intenses que révèlent des délabrements extrêmement étendus. Non seulement les segments de l'extrémité caudale, mais tous ceux de la région moyenne et la plus grande partie des métamères qui précèdent celle-ci, montrent une sarcolyse profonde des lamelles myoplasmiques longitudinales. On retrouve ici les trois phases que nous avons indiquées dans plusieurs Notes : 1° les lamelles contractiles s'altèrent; 2° elles se rompent en fragments fibreux de forme fuselée ou sarcolytes amphioxes; 3° ceux-ci sont phagocytés alors qu'ils flottent dans le liquide cavitaire, ou quand ils sont encore en place dans le muscle malade ou déjà nécrosé.

La destruction progressive des muscles longitudinaux restreint naturellement de plus en plus la mobilité de l'animal. Parfois, seul le premier tiers du corps est encore capable de mouvements prononcés, mais le reste du corps, quoique presque immobile, nous paraît demeurer en vie. En tout cas, la recherche d'éléments microbiens possibles dans le cœlome d'animaux dans un état préagonique a été négative pour toutes les régions du corps, preuve que le milieu intérieur conserve, au moins jusqu'à la mort, les propriétés qui le défendent normalement contre une invasion bactérienne.

Mais ce milieu intérieur aseptique est par contre favorable à une activité phagocytaire des plus intenses, tournée uniquement vers la résorption des débris myoplasmiques. En effet, le nombre des néphro-éléocytes, renfermant plusieurs sarcolytes à tous les degrés de la digestion dans une vacuole cytoplasmique, est extraordinaire. C'est ainsi qu'à la surface des muscles longitudinaux ventraux, lesquels montrent toujours une dégradation plus poussée que les dorsaux, ils forment une épaisse couche de macrophages très particuliers, rappelant une volumineuse sédimentation de sphères de

granules. Ils bourrent les intervalles entre les faisceaux de lamelles contractiles dissociées et déjetées, bien que nous ne pensions pas qu'ils s'immiscent dans l'épaisseur du muscle à la manière de vrais leucocytes; nous n'avons pas non plus l'impression qu'ils s'attaquent directement aux lamelles pour les découper en tronçons, quoique, gisant à leur contact immédiat, ils peuvent hâter dans certains cas, par leurs ferments, l'altération du myoplasme commencée en dehors de leur influence. Eux, paraissent n'être ici que des nettoyeurs et des convertisseurs de débris. Nous attirons l'attention sur tous ces phénomènes de phagocytose et sur l'exaltation du pouvoir phagocytaire chez des animaux condamnés, dont la mort est prochaine; alors que les autres éléments vieillis se nécrosent, ou, tout au moins, ont subi un début de dégénérescence, ces néphro-éléocytes semblent conserver leur vigueur et font montre d'une sorte de suprématie terminale qui peut surprendre. Elle rappelle le fait que les leucocytes du cadavre humain demeurent vivants pendant plusieurs jours après la mort et que la survie de ces cellules, douées d'une autonomie très spéciale, peut atteindre de nombreux mois dans des conditions expérimentales favorables.

PHYSIOLOGIE. — *Les teneurs en calcium des poumons et des reins chez les cobayes normaux, inanitiés ou atteints de scorbut aigu et de scorbut chronique. Observation de certains troubles vésicaux chez les carencés.* Note de Mlle **Andrée Michaux**, présentée par M. P. Viala.

Au cours du scorbut expérimental, le sang total (1), les muscles (2) et l'encéphale (3) des cobayes retiennent des quantités importantes de calcium; par contre, les quantités de calcium urinaire éliminées en 24 heures diminuent. Les teneurs en cet élément des reins et des poumons sont-elles également modifiées? Le calcium de ces organes a été dosé chez des cobayes mâles souffrant d'une affection scorbutique aiguë ou chronique, ainsi que chez des témoins recevant soit des régimes complets naturel et artificiel (le régime scorbutigène de Mme L. Randoin (4) complété par 3^{cm^3} de jus de citron ordinaire ou décitraté), soit uniquement de l'eau distillée.

---

(1) Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 865.
(2) Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1453.
(3) Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2285.
(4) Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 14, 1923, p. 806.

Résultats. — 1° Chez les cobayes inanitiés, les taux calciques des reins s'abaissent. *Dans les cas graves de scorbut aigu, ils s'élèvent notablement au-dessus des teneurs moyennes trouvées chez les normaux.* Les plus fortes teneurs 0g,943, 0g,956 et 8g,556 pour 1000g de poids sec sont très supérieures aux moyennes, 0g,463 et 0g,334, obtenues chez les témoins soumis aux régimes complets.

Teneurs en calcium pour 1000g		Teneurs en calcium pour 1000g	
de rein frais.	de rein sec.	de poumon frais.	de poumon sec.
Cobayes soumis au régime naturel.			
g 0,125	g 0,573	g 0,101	g 0,538
0,105	0,520	0,084	0,476
0,080	0,391	0,100	0,558
0,075	0,369	0,082	0,406
Cobayes soumis au régime artificiel complet.			
0,110	0,508	–	–
0,087	0,392	0,078	0,443
0,037	0,187	0,023	0,131
0,058	0,250	0,085	0,438
Cobayes soumis à l'inanition hydrique (eau distillée).			
0,070	0,318	0,090	0,420
0,027	0,125	0,050	0,219
0,040	0,232	–	–
Cobayes atteints de symptômes de scorbut aigu.			
0,091	0,526	**0,155**	**0,826**
0,136	**0,943**	0,032	0,150
0,138	**0,765**	**0,125**	**0,653**
0,148	**0,915**	0,074	0,435
0,180	**0,956**	0,049	0,286
1,743	**8,556**	–	–
Cobayes atteints de symptômes de scorbut chronique.			
0,053	0,282	0,083	0,467
0,058	0,390	0,063	0,399
0,101	0,612	0,067	0,437
0,066	0,370	0,067	0,485
0,063	0,316	0,071	0,399

Chez les Cobayes atteints de scorbut chronique, ces teneurs ne varient

pas. Mais, lorsque la maladie évolue assez lentement pour que la mort ne survienne qu'après une longue période expérimentale, *la vessie renferme, très fréquemment, une masse compacte de substances qui, selon son volume, distend plus ou moins les parois de cet organe*. Certains de ces conglomérats vésicaux, faiblement colorés en vert, ont été pesés et analysés au point de vue chimique. Les poids trouvés sont respectivement égaux à $1^g,171$; $0^g,949$, $0^g,420$ et $0^g,102$. Les dosages effectués ont donné les résultats suivants : $801^g,95$ d'eau, $1^g,049$ de chlore, $1^g,077$ de phosphore, $0^g,208$ de magnésium, $0^g,464$ et $1^g,785$ de calcium pour 1000^g de poids frais. Il y a également des traces de fer. Notons, enfin, que les urines recueillies quelques jours avant la mort de ces animaux étaient extrêmement riches en albumine.

Chez les sujets moins résistants à cette affection chronique, la mort étant alors plus rapide, l'urine de la vessie contient de nombreuses particules blanchâtres assez volumineuses qui, très probablement, se seraient soudées les unes aux autres et auraient formé les conglomérats précédemment décrits, si la période expérimentale avait été plus longue.

2° Au cours du scorbut aigu, et dans deux cas seulement, les taux calciques des poumons sont supérieurs aux teneurs moyennes obtenues chez les normaux. Chez les animaux ayant des symptômes de scorbut chronique, ces teneurs restent normales.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action des ondes courtes sur le venin de Vipère aspic*. Note de Mme **Marie Phisalix** et M. **Félix Pasteur**, présentée par M. L. Bouvier.

Dans des expériences précédentes, nous avons montré l'action des diverses radiations sur le venin de la Vipère aspic. L'entrée relativement récente des ondes courtes en thérapeutique nous a incités à en essayer l'action sur ce venin.

La technique de ces recherches est précisée dans les données et conditions expérimentales suivantes :

La solution au dix-millième de venin de Vipère dans l'eau salée physiologique d'un volume de 50^{cm^3} était contenue dans une fiole conique d'Erlenmayer en verre pyrex de 100^{cm^3} de capacité, à fond plat, de 55^{mm} de diamètre. Elle était suspendue, afin d'éviter toute diffusion des ondes par contact, et bouchée pour empêcher toute déperdition de chaleur par évaporation,

entre deux électrodes en forme de calotte sphérique de 20^cm de diamètre. Cette solution tue la souris du poids de 20^g, par inoculation sous-cutanée, à la dose de 1^cm³. La température extérieure et initiale du liquide s'est accrue au cours de l'opération, quelle que fût la durée de l'exposition, à 37°,5 et 38°, température extrême qui, à aucun moment, n'a été dépassée. Les modifications subies résultent donc uniquement d'une action électrique due aux ondes courtes. Le débit de la puissance dépensée entre les électrodes distantes, soit à 15, soit à 30^cm d'intervalle, était un flux constant de 25 watts. La longueur d'onde est restée fixe à 20^m, correspondant donc au domaine des fréquences de l'ordre de 15 millions de périodes.

EXPÉRIENCE 1. — *Durée d'exposition : 15 minutes; distance des électrodes : 30^cm; dose inoculée : 1^cm³.*

Des trois souris qui reçoivent la solution irradieé, deux d'entre elles pesant l'une 23^g, l'autre 19^g, meurent en 1 heure et demie, la troisième, du poids de 19^g, meurt en 5 heures, avant les témoins, qui meurent en 6 heures; la neurotoxicité du venin semble donc accrue et les expériences suivantes nous en donneront la raison.

EXPÉRIENCE 2. — *Durée d'exposition : 30 minutes; distance des électrodes : 30^cm; dose inoculée : 1^cm³,10.*

De quatre souris, du poids de 23^g, inoculées avec la solution irradiée, deux meurent en 3 heures, la troisième en l'espace de 7 heures et la quatrième en moins de 12 heures. Des deux témoins de même poids, l'un meurt en un temps supérieur à 12 heures, l'autre résiste, et de plus est vacciné, car il subit avec succès, 6 jours après, l'épreuve par une dose de venin, 1^cm³,10 sûrement mortelle pour un animal neuf. (Le venin employé contient ainsi ses antigènes normaux.)

EXPÉRIENCE 3. — *Durée d'exposition : 15 minutes; distance des électrodes : 30^cm; puis 45 minutes, distance des électrodes : 15^cm; dose inoculée : 1^cm³.*

De trois souris mâles, l'une pesant 20^g, meurt en 20 heures; les deux autres qui pèsent toutes deux 19^g meurent en 7 à 8 heures; les témoins en 5 à 6 heures. Il y a donc diminution de la neurotoxicité du venin lorsqu'on prolonge l'action des rayons.

EXPÉRIENCE 4. — *Durée d'exposition : 30 minutes; électrodes distantes de 20^cm; puis 30 minutes, les électrodes rapprochées à 15^cm, dose inoculée : 1^cm³,10.*

De trois sujets, l'un pesant 19^g meurt dans l'espace de 12 à 13 heures; les deux autres, pesant respectivement 24 et 27^g, résistent; les témoins meurent en 5 à 6 heures. Il y a donc, comme dans les conditions de l'expérience 3, diminution manifeste de la neuro-toxicité, mais les antigènes du venin n'existent plus, ou plutôt n'ont pas reparu, car ces deux sujets ne résistent pas à l'inoculation de 1^cm³,10 de venin entier, faite cinq jours plus tard. C'est à la disparition précoce et définitive des antigènes qu'est due l'augmentation de toxicité du venin, observé dans l'expérience 1.

EXPÉRIENCE 5. — *Durée d'exposition : 60 minutes; distance des électrodes de 15^cm; dose inoculée : 1^cm³,10.*

De trois souris inoculées pesant 22^g, l'une meurt précocement en 1 heure et demie, les deux autres présentent les symptômes usuels d'envenimation, mais résistent.

Dans tous les cas, les lésions hémorragiques consécutives à l'action du venin restent les mêmes, l'action graduée des ondes courtes ne modifie pas l'hémorragine du venin, qui n'a ainsi qu'un rôle effacé dans le mécanisme de la mort par le venin de Vipère aspic.

De ces diverses expériences, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° La première action des ondes courtes sur le venin de Vipère aspic est d'en détruire définitivement les substances antivenimeuses (antigènes), ce qui fait apparaître le venin plus toxique (expérience 1).

2° La neurotoxine, qui est la cause première de la mort dans l'envenimation vipérique est atteinte à son tour, car le venin suffisamment irradié ne tue plus qu'une souris sur trois ou quatre de même poids, (expériences 4 et 5).

3° L'hémorragine du venin n'est pas modifiée, soit que le sujet meure, soit qu'il résiste, ce qui montre son influence restreinte dans le mécanisme de la mort.

4° Ces divers résultats montrent que les ondes courtes, dans leur action graduée, produisent sur le venin de Vipère les mêmes effets que les rayons ultraviolets, et ne sauraient ainsi convenir à transformer le venin de Vipère en vaccin.

TOXICOLOGIE. — *Recherche toxicologique rapide des alkylhalogènes (chloroforme, tétrachlorure de carbone etc.). Application à la détection de ces produits dans l'air.* Note [1] de M. **Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons appliqué pour ces recherches, à l'aide d'un dispositif nouveau, un principe bien connu [2] : Entraînement des vapeurs par un courant d'air, décomposition au rouge et mise en évidence des produits de décomposition, notamment de l'acide chlorhydrique.

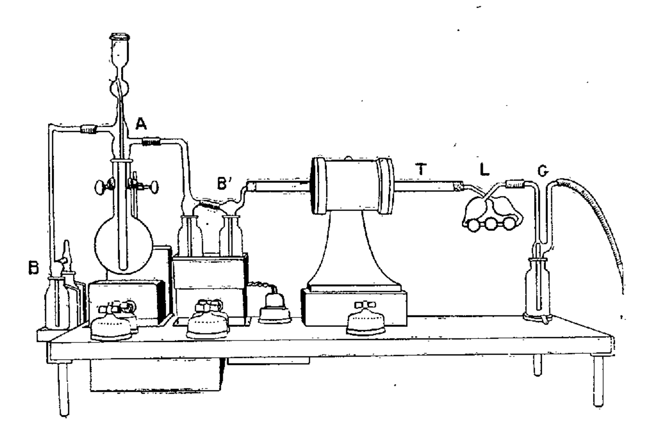
Détail. — Le nouveau dispositif comprend :

---

(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) Ogier et Kohn-Abrest, *Traité de Chimie toxicologique*, 2e édition, 1, p. 42. Paris, 1924; Kohn-Abrest, *Précis de Chimie toxicologique*, p. 81, Paris 1934; *Recherche sur le tétrachlorure de carbone*, etc. (*Annales Chimie analytique*, 2e série, 15, n° v, 1933, p. 220).

Un ballon A, 200 à 300^{cm^3} (¹), contenant la matière, chauffé vers 90-95° (bouilloire Toilectro); avant A, deux laveurs B à solution 5 pour 100 NO^3Ag fortement nitrique; après A, deux autres laveurs B′ semblables dans un bain d'eau à 60-70°; le dernier laveur B′ est relié par un bouchon de liège au tube de quartz T (l : 30^{cm}; d : 1,4) chauffé sur 10^{cm} par un four à résis-



tance (Lhomme et Argy); à la sortie de T, un petit barboteur Liebig (10^{cm^3}) L, relié par un bouchon de liège, à la suite de L, un barboteur de garde G; L et G contenant de la solution à 5 pour 100 NO^3Ag fortement nitrique. Un aspirateur quelconque termine le dispositif.

Fonctionnement. — *Recherches dans les organes :*

a. Recherche directe. — 1° Prélever (refroidir) 25 à 100^g d'organes divisés aux ciseaux (refroidir);

2° Introduire dans A, diluer (volume égal d'eau), ajouter acide tartrique (1 pour 100);

3° Porter le four au rouge (900°) (²);

4° Mettre le ballon en circuit;

5° Produire le courant d'air (5^l à l'heure);

6° Chauffer la bouilloire et le bain d'eau.

Le courant d'air purifié barbotant à travers le mélange, entraîne les vapeurs dans les deux laveurs, dont le premier suffit à retenir H^2S, HCy, HCl, Hbr, etc., préexistants, puis les vapeurs sont entraînées à travers le tube T porté au rouge.

(¹) Disposer de deux ballons : 200 et 300^{cm^3}.

(²) Une seule prise de courant sur 110 volts suffit pour les trois appareils de chauffage du dispositif.

La présence des alkylhalogènes se traduit dans un délai maximum d'une heure par un louche, puis un fort précipité dans le barboteur L (sensibilité quelques millionièmes).

b. Recherche indirecte (extra-sensible). — Introduire dans A, non des organes, mais 150$^{cm^3}$ du distillat provenant du traitement toxicologique habituel d'environ 1^{kg} de viscères (recherche des poisons volatils); dans ces conditions, on peut également déceler le chloral (¹).

Précautions. — Avant de placer A en circuit, effectuer un essai à blanc d'une demi-heure. Prendre l'air à l'extérieur du laboratoire. Ne pas tenir compte des précipités minimes d'halogénures d'argent (²).

c. Recherche dans l'air. — Même dispositif, mais *sans* barboteurs B, ni ballon A.

d. Le dispositif pourrait s'adapter également à la recherche de toutes vapeurs ou gaz carbonés : il suffirait de garnir les barboteurs B′ (non chauffés), d'eau de baryte, ainsi que les barboteurs L et G, la présence de gaz carboné se traduisant par le trouble, et le précipité de carbonate de baryte dans le barboteur L à la sortie du tube de quartz.

Notre dispositif permet facilement, avec une sensibilité extrême, de déceler, dans tous milieux, les traces d'alkylhalogène, le bromure de méthyle, d'éthyle, le phosgène, etc. Il permet de répondre à de nombreuses questions touchant la toxicologie, la médecine du travail, l'hygiène professionnelle enfin, la détection des gaz et vapeurs nocifs dans l'air.

(¹) Recherche du chloral : effectuer d'abord la recherche des alkylhalogènes comme ci-dessus, puis alcaliniser à la soude le contenu de A; le réaciduler après quelques minutes. Effectuer une deuxième détermination des alkylhalogènes (chloroforme dû à la décomposition par la soude, du *chloral*).

(²) Pour les dosages se reporter aux Ouvrages classiques, et tenir compte des réactions de décomposition.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'avitaminose A et la composition chimique de l'animal.* Note de Mlle **Lise Emerique**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Des rats soumis à des régimes définis dans lesquels les constituants minéraux sont plus ou moins augmentés conservent, malgré les proportions diverses de matières minérales absorbées, une composition centésimale en calcium, phosphore, magnésium et potassium, remarquablement stable ([1]). Par contre, des rats soumis aux mêmes régimes, mais privés de vitamine A, montrent des écarts importants de composition avec les précédents (par exemple augmentation de phosphore et de calcium). Mais ces observations, faites sur des animaux morts du fait de la carence en vitamine A pouvaient, dans une certaine mesure, s'interpréter par le fait que les sujets étant très amaigris la proportion du squelette était par là même accrue.

Ce travail complète le précédent; il est ainsi conduit : l'on a élevé d'une part des animaux témoins (rats blancs) au régime défini vitaminé, d'autre part des animaux au même régime, mais sans vitamine A. Des rats sont sacrifiés à trois stades :

1° au 35e jour d'expérience (la courbe de poids est encore franchement ascensionnelle pour les carencés);

2° à une période où les carencés ont atteint le palier de leur courbe de croissance (58e jour en moyenne);

3° au moment où les carencés ont perdu 20 pour 100 du poids maximum atteint et devraient en peu de jours mourir du fait de la carence (80e jour en moyenne).

Je fais l'analyse des animaux sacrifiés dans chaque groupe : animaux totaux d'une part, et squelettes isolés d'autre part. De l'ensemble des chiffres trouvés je retiens ici les suivants :

([1]) L. Emerique, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 1221 et 1235.

	1er stade. Rats carencés.	1er stade. Témoins.	2e stade. Rats carencés.	2e stade. Témoins.	3e stade. Rats carencés.
Chiffres correspondant à des lots de 5 rats.					
Poids frais sans tube digestif.	282g	360g	382g	488g	400g
Poids sec sans tube digestif.	86,7	110	139	169	135
Poids sec de squelette......	17,95	22,62	28,25	28,00	31,54
Poids de matières grasses...	14,5	19,7	32,0	35,0	17,0
Pour 100 de rat (calcul fait par rapport au poids frais sans tube digestif ni graisse).					
Ca......................	1,006	1,000	1,319	1,132	1,688
P.......................	0,711	0,711	0,841	0,759	0,997
K.......................	0,273	0,283	0,276	0,297	0,280
Mg......................	0,038	0,036	0,050	0,041	0,049
Ca *et* P *du squelette* (*pour* 100 *de celui-ci*).					
Ca......................	15,381	15,450	17,277	17,742	18,370
P.......................	7,871	7,984	8,774	9,000	8,941

Au premier stade, le poids des animaux carencés est 78 pour 100 du poids des témoins. Le poids de squelette, la proportion de matières grasses et les éléments dosés (P, Ca, Mg, K) subissent chez les carencés une réduction du même ordre de grandeur, si bien que la composition centésimale des animaux carencés ou non est à très peu près la même.

Au deuxième stade, tandis que la différence du poids total des animaux témoins et des animaux carencés reste du même ordre (carencés = 88 pour 100 des témoins), poids absolus du squelette et des matières grasses sont à peu près identiques. La fraction de la matière vivante qui est touchée du fait de la carence est l'ensemble des matières essentiellement protoplasmiques, l'hydratation des tissus n'étant pas en cause comme je m'en suis assurée. Au point de vue de la teneur en phosphore, magnésium, calcium, potassium, la composition des tissus mous n'est pas sensiblement modifiée en ce stade de la carence. Quant au squelette il est normal avec un rapport Ca/P = 1,97.

Pour l'étude du troisième stade, j'ai disposé d'animaux qui s'étaient mieux développés que les animaux carencés sacrifiés pour l'étude du deuxième stade. Au palier ils pesaient autant que les témoins du précédent groupe, ils ont été sacrifiés après perte de 20 pour 100 de leur poids maximum. On les compare aux précédents pour saisir ce qui se passe lors de

la chute de poids. Le poids du squelette est plus élevé; celui-ci a donc poursuivi sa croissance; sa composition est aussi celle d'un os plus âgé, le rapport Ca/P = 2,05, chiffre qui est celui de l'adulte. Les matières grasses ont beaucoup baissé, la minéralisation des tissus mous calculée par différence est accrue, marquée surtout pour calcium et phosphore. L'analyse de foies, carencés et non, confirme cette donnée : pour 100 du sec P = 1,198 au lieu de 1,050, Ca = 0,063 au lieu de 0,033.

Ainsi dans l'avitaminose A (la vitamine D étant fournie aux animaux en quantité habituelle) la minéralisation de l'os se poursuit normalement jusqu'à un stade avancé de la carence, la calcification s'étend alors aux organes. Ceci est d'accord avec la production connue de calculs calciques dans l'avitaminose A, d'accord aussi avec les résultats de mes précédentes recherches. L'avitaminose A s'accompagne bien, lorsqu'elle est pleinement réalisée, d'une perturbation de la composition des organes. Ce travail précise en outre l'ordre dans lequel se poursuit la déficience des principes immédiats des tissus, ce sont d'abord les constituants protoplasmiques [1], puis les graisses de réserve. C'est l'effet opposé qui se produit dans l'avitaminose D où le squelette est atteint le premier. De même la calcification des tissus, observée dans l'hypervitaminose D se retrouve (à l'intensité près) dans l'avitaminose A. On sait, d'autre part, que l'hypervitaminose A provoque entre autres accidents une hypocalcification entraînant des fractures. L'avitaminose A crée une hypervitaminose D, relative; un équilibre physiologique doit s'établir entre les deux vitamines liposolubles.

TOXINES MICROBIENNES. — *Concentration de la toxine et de l'anatoxine diphtérique au moyen de la congélation.* Note de MM. **Alexandre Salimbeni** et **Georges Loiseau**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans le service qui nous a fourni le matériel de cette étude, on prépare la toxine diphtérique en cultivant le bacille de Lœffler dans un mélange de deux parties de peptone Martin et une partie de macé-

---

(1) Chez des souris carencées, Javillier, Allaire et S. Rousseau ont observé la déficience du P nucléique (le pourcentage de celui-ci dans les tissus restant cependant presque normal), tandis que le phosphore des os était peu touché (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 10, 1928, p. 294). J'ai de même avec M. Javillier et S. Rousseau (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 500) reconnu la déficience en cholestérol de rats et souris carencés.

ration de viande de veau ajustée à un pH 8,4, auquel on additionne 10 pour 1000 d'acétate de soude et 1,5 pour 1000 de glucose. Dans ce milieu particulièrement favorable qui n'est en somme qu'un hydrosol dans lequel entrent des composés de nature cristalloïde et des composés organiques à l'état colloïdal, le bacille de Lœffler élabore un poison très violent, lequel, à la température de 37°, atteint son maximum d'activité vers le douzième jour. Toutes nos recherches ont été faites avec des cultures de douze jours débarrassées des corps de microbes par filtration sur bougie Chamberland. La toxine a été transformée en anatoxine par le procédé de Ramon.

L'activité de la toxine, avant et après congélation, a été exactement dosée par l'inoculation au cobaye et par le procédé de la floculation que nous avons employé méthodiquement pour le titrage du pouvoir antigène de l'anatoxine.

A des températures variables au-dessus du point de congélation, la toxine et l'anatoxine diphtériques peuvent être conservées indéfiniment sans qu'elles présentent le moindre changement apparent, ce qui indique le parfait équilibre entre le dissolvant et le dissous de ces hydrosols. Mais dès que l'on atteint le point de congélation (— 5° environ), l'équilibre qui assure la stabilité des hydrosols est brusquement rompu et l'on assiste à une séparation complète entre le dissolvant et le dissous dans lequel passe, sous une forme concentrée, la totalité du poison diphtérique. Voici d'ailleurs ce que l'on observe quand on fait congeler la toxine ou l'anatoxine diphtérique. Après un laps de temps de 12-14 heures ou plus, suivant la quantité de toxine ou d'anatoxine utilisée, la congélation débute au niveau des couches superficielles et gagne assez rapidement, de proche en proche, les couches profondes. Quand la congélation a atteint son maximum, c'est au-dessous du glaçon que l'on trouve 1/3 environ de la partie non congelée sous la forme d'un liquide épais fortement coloré en brun caramel, ce qui indique que le principe colorant suit les autres composés de l'hydrosol dans le phénomène de coalescence provoqué par la congélation. Quant au reste du liquide incongelable, il est retenu par le glaçon dans de nombreux alvéoles de dimensions variables, communiquant entre eux et avec les larges cavités qui enferment, au-dessous du glaçon, le liquide le plus concentré. Grâce au dispositif expérimental que nous avons adopté, il est très facile de recueillir séparément le liquide incongelable le plus épais, la totalité du liquide incongelable légèrement teinté qui remplit les alvéoles du glaçon et, en faisant fondre celui-ci, le liquide de la partie

congelée. La presque totalité du poison diphtérique se trouve concentrée dans le premier de ces liquides; le second n'en contient que de faibles quantités : quant au troisième, parfaitement incolore, il ne renferme pas la moindre trace de toxine et l'on constate, à l'analyse, que c'est de l'eau presque aussi pure que l'eau distillée.

Voici, du reste, rapidement résumé le résultat d'une de nos nombreuses expériences : faisons congeler à — 7° un litre de toxine qui titre, à la floculation, 25 unités toxiques en 20 minutes et dont la dose minima mortelle, en 96 heures, pour le cobaye de 250^g, est de 1/2200e de centimètre cube. Lorsque la congélation a atteint son maximum, recueillons séparément, d'abord les 116$^{cm^3}$ qui représentent la partie la plus concentrée, puis, à la température de — 2°, en 12 heures environ, la totalité du liquide incongelable retenue dans les alvéoles du glaçon, soit 329$^{cm^3}$. Après cela, transportons le glaçon parfaitement incolore à la température ordinaire pour obtenir le liquide qui s'écoule de sa fonte définitive. Les 116$^{cm^3}$ de la partie la plus concentrée représentent en volume 1/8,6 des 1000$^{cm^3}$ de toxine mise à congeler. Or, en titrant par le procédé de la floculation et par l'inoculation au cobaye la toxicité de ce liquide, nous obtenons les chiffres suivants :

Titre floculant : 175 unités en 18 minutes.

Dose minima mortelle : en 96 heures 1/16000e de centimètre cube, ce qui correspond à une concentration de 7 fois du titre floculant et de 7,27 pour la dose minima mortelle.

Les 329$^{cm^3}$ du liquide incongelable retenus par le glaçon nous donnent :

Titre floculant : 6 unités en 4 heures et demie.

Dose minima mortelle en 96 *heures :* 1/200e de centimètre cube, ce qui montre que, sur les 1000$^{cm^3}$ de toxine congelée, il n'y a guère que la quantité de poison correspondant à 26$^{cm^3}$ qui est restée dans les 329$^{cm^3}$ du liquide incongelable qui remplit les alvéoles du glaçon. Quant au troisième liquide obtenu en faisant fondre, à la température ordinaire, le glaçon complètement débarrassé du liquide incongelable, ce n'est que de l'eau, car, injecté au cobaye à la dose massive de 10$^{cm^3}$, il ne provoque aucun trouble appréciable.

Tels sont les résultats que nous obtenons couramment en faisant congeler la toxine diphtérique à la température de — 7°.

L'anatoxine diphtérique congelée, dans les mêmes conditions, se comporte, au point de vue de la concentration, exactement comme la toxine.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les statistiques de survie dans les cancers de goudron de la Souris après l'enlèvement de la tumeur; étude du rôle toxique de celle-ci.* Note [1] de MM. **Fred Vlès**, **André de Coulon** et **André Ugo**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Nous avons montré [2] que si l'on traite des Souris à cancer de goudron par des substances inhibitrices ou excitatrices sur les tumeurs, le sort histologique de celles-ci ne semble pas lié d'une façon directe à l'évolution des animaux; en particulier les survies des Souris chez lesquelles le traitement a provoqué la régression des tumeurs se présentent au point de vue statistique comme relativement peu avantagées, par rapport aux Souris dont on a excité la tumeur, ou même simplement aux témoins non traités. Cette dualité apparente d'action, sur la tumeur d'une part et sur l'état général du sujet d'autre part, nous avait amenés à supposer une action antagoniste, dans laquelle la lyse de la tumeur sous l'action même du traitement inhibiteur interviendrait par le déversement dans l'organisme d'un stock de produits toxiques.

Pour contrôler cette hypothèse, nous avons tenté de séparer ces diverses actions, en étudiant le rôle d'une énucléation protectrice de la tumeur sur la survie des Souris, soumises d'autre part aux traitements thérapeutiques.

Divers lots de Souris au goudron ont été constitués : Souris témoins cancéreuses non traitées ni opérées; Souris cancéreuses opérées mais non traitées; Souris opérées, et traitées par quelques-unes des méthodes qui avaient été jugées antérieurement intéressantes. Pour chacun des lots on a établi un polygone de fréquence des survies, en distinguant celles dans lesquelles il n'y a eu aucune récidive de cancer, et celles qui se sont terminées par une récidive de l'affection.

a. Témoins non opérés et non traités. — Le polygone de fréquence, très compact, comporte uniquement un fort optimum de survies A inférieur à 80 jours, après lequel le pourcent des survivants tombe rapidement à zéro.

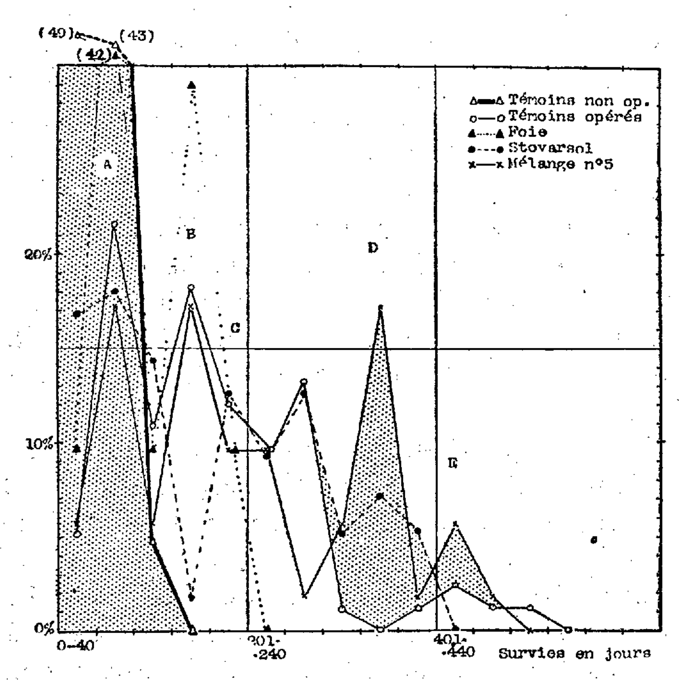
b. Témoins opérés et non traités. — Le polygone des survies s'étale beaucoup plus vers les longues durées, et comporte un ensemble assez considé-

---

(1) Séance du 2 juillet 1934.

(2) F. Vlès et A. de Coulon, *Arch. Phys. biol.*, 12e partie, 9, n° 3, 1932, p. 235; *Ibid.* 13e partie, 9, n° 3, 1932, p. 245.

rable A-B-C... qui s'étend jusque vers 300 jours, suivis de quelques cas vraisemblablement sporadiques qui peuvent dépasser 500 jours; mais les survies sans cancers y diminuent avec le temps, tandis qu'inversement *les récidives augmentent* et finissent par former la grande majorité des cas. A titre de vérification d'expériences antérieures, on a réalisé en outre deux lots de témoins opérés placés, l'un en connexion électrique avec la terre, et l'autre isolé. Ces deux lots ont évolué inégalement, le lot isolé dépassant



Statistique des survies de Souris au cancer du goudron; influenee de l'enlèvement de la tumeur et de divers traitements.

l'autre d'une quarantaine de jours; chacun a comporté deux optima de survie, l'un, précoce, vers 80 jours, et l'autre, avancé, vers 200 jours; dans le premier lot la courbe de survies sans récidives surpasse de beaucoup la courbe des récidives, alors que c'était l'inverse dans le lot au sol. *La mise au sol paraît donc ici constituer un effet péjoratif*, corroborant des expériences antérieures.

c. *Intervention de traitements.* — Les Souris cancéreuses opérées ont été traitées (par voie alimentaire) au moyen de trois groupes de substances :

1° *Poudre de foie.* — Cette substance, dont le caractère péjoratif avait déjà été vu, ne semble pas favorable à l'obtention de longues

survies sans récidives. Le polygone de fréquence se termine peu après 200 jours, avec un fort optimum des survies précoces A vers 80 jours, et un second B vers 150, où les survies sans récidives sont plus fréquentes que les cancers; mais ceux-ci prennent de l'importance dans la fin du polygone.

2° *Stovarsol.* — Les Souris cancéreuses opérées et traitées par le stovarsol présentent un polygone de survies très étalé dont la fin dépasse 400 jours, avec un optimum précoce A assez amorti, et en D un *excès considérable de survies sans récidives* sur les survies avec récidives, qui sont ici très faibles.

3° *Mélange d'acides aminés n° 5 (cystine + acide glutamique).* — Ce mélange, dont les remarquables effets inhibiteurs sur les tumeurs ont été montrés en 1930, aboutit à un polygone dépassant 500 jours; il apparaît vers 350 jours un important optimum D de survies, *composé à peu près exclusivement de survies sans récidives;* d'une façon générale les récidives de cancers sont ici encore très réduites.

Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus antérieurement [1] sur des Souris au goudron, cancéreuses mais non opérées, et traitées par ce même mélange n° 5, autant qu'on peut comparer des goudronnages faits à des époques successives; on constate que l'ancien polygone se terminait vers 170 jours, et l'optimum tardif des survies D n'y était pas encore différencié. Cette expérience parlerait donc en faveur de l'intervention toxique de la tumeur en place.

La séance est levée à 15^h40^m.

E. P.

---

[1] F. Vlès et A. de Coulon, *Arch. Phys. biol.*, 10e partie, 9, n° 1, 1931, p. 10.

ERRATA.

(Séance du 10 juillet 1933.)

Note de M. *G. Kravtzoff*, Sur l'électrolyse des sels de cuivre des acides organiques :

Page 138, première ligne, *au lieu de* En outre Benedicks [1] a reconnu la présence de carbone dans les dépôts, *lire* Benedicks [1] et Mackinstosch (*Chemical News*, 54, 1881, p. 280) ont étudié la proportion de carbone dans les dépôts.

(Séance du 4 juin 1934.)

Note de M. *R. Tremblot*, Sur le spectre et l'orbite de l'étoile double ζ Aurigæ.

Page 1979, dernière ligne, *au lieu de* $\sin 3i > 0{,}91$; *lire* $\sin^3 i > 0{,}91$.
Page 1980, ligne 2, *au lieu de* variations à éclipses, *lire* variables à éclipses.

(Séance du 25 juin 1934.)

Note de M. *V. Grignard*, Sur la méthode *par entraînement* pour la préparation des organomagnésiens mixtes :

Page 2219, ligne 13, *au lieu de* Méthyléthyl Br, *lire* Méthyléthyl Benzène.

(Séance du 2 juillet 1934.)

Note de M. *Fernand Baldet*, Le spectre continu des comètes :

Page 32, avant-dernière ligne, *au lieu de* ciel du spectre, *lire* spectre du ciel.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUILLET 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 17 décembre.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la caséine.* Note [1] de MM. **Ch. Porcher, Henri Volkringer** et Mlle **Jeanne Brigando**.

On sait qu'en faisant agir de la présure sur un caséinate alcalin de pH $\leqq 7$, il y a mise en liberté d'une protéine dissoute dans le sérum, et que le caséinate acquiert une grande sensibilité aux sels de calcium.

La caséine donne ainsi naissance, d'une part, à un corps dénommé paracaséine et, d'autre part, à la protéine précitée qui représente environ 4 pour 100 du poids de la caséine traitée [2].

Dans le but d'apporter une contribution à l'étude du mécanisme de ces réactions, nous avons fait une étude des spectres d'absorption de ces diverses substances.

Préparation du caséinate et du paracaséinate. — Nos recherches ont porté sur le caséinate et le paracaséinate de sodium, moins opalescents que les sels calciques correspondants. La caséine utilisée comme matière première était une caséine très pure obtenue au laboratoire et contenant 0,15 pour 100

---

[1] Séance du 16 juillet 1934.

[2] Ch. Porcher, *Le lait au point de vue colloïdal*, p. 444.

de cendres. Pour avoir des résultats absolument comparables, le caséinate et le paracéséinate ont été préparés en partant d'une même solution de caséinate. Une moitié fut additionnée d'une faible quantité de présure à la température optima d'emprésurage, soit 40°; l'autre moitié fut additionnée de la même quantité de présure préalablement chauffée au bain-marie à 100°, afin d'annuler l'effet diastasique.

On précipite parallèlement la caséine et la paracaséine de leurs solutions par l'acide chlorhydrique au pH = 4,7. Les produits bien lavés sont dissous dans la soude, jusqu'à ce que la solution ait pour pH = 6,6. Les solutions sont centrifugées et la concentration de chacune d'elles est précisée par un dosage d'azote. Au cours de nos expériences, la concentration était voisine de 30^g de caséine par litre.

Obtention de la protéine détachée. — La protéine détachée a été obtenue à partir d'une solution de caséinate de calcium de pH $\leqq 7$, à laquelle on ajoute du chlorure de calcium et une faible quantité de présure diluée. La quantité d'azote apportée par la présure est négligeable, et représente le $1/1000^e$ de l'azote de la protéine.

Après coagulation et décantation du sérum, on le concentre sous le vide et l'on précipite à 0° la protéine par l'acétone. Après purification, le produit a l'apparence de lamelles transparentes très solubles dans l'eau.

Étude des spectres d'absorption. — La source de rayonnement employée a été le tube à hydrogène de Chalonge et Lambrey. L'appareil dispersif était constitué par un spectrographe Hilger, muni d'un prisme de Cornu. La cuve utilisée a été la cuve en quartz modèle Chatelet.

Pour la détermination de la courbe d'absorption on a fait appel à un procédé de photométrie photographique, en enregistrant au microphotomètre les courbes de noircissement.

Pour la protéine détachée, on a opéré avec une solution où la protéine avait la même concentration que dans la solution de caséine utilisée. Les résultats obtenus ont été les suivants :

A. En ce qui concerne la solution de protéine, l'absorption ne commence à être perceptible que pour $\lambda < 2400$ Å si l'épaisseur de la cuve est de l'ordre de 1^{mm}.

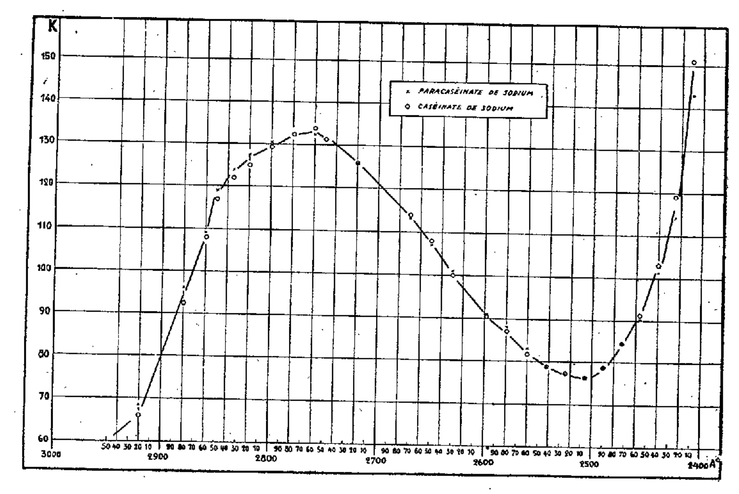
Si l'on augmente l'épaisseur de la cuve, le seuil de l'absorption continue se déplace vers les grandes longueurs d'onde, mais on ne retrouve pas la bande 2765 Å, obtenue avec les caséinates.

B. Pour la caséine et la paracaséine, on a déterminé en fonction de la longueur d'onde les coefficients d'absorption spécifique k donnés par la

formule suivante :

$$I = I_0 . 10^{-kcd}.$$

Dans cette expression, I_0 désigne l'intensité du rayonnement tombant sur la substance absorbante; I, l'intensité du rayonnement transmis; c, la



concentration en grammes par litre, et d, l'épaisseur en centimètres de la cuve.

Les résultats ont été rassemblés sur la figure ci-dessus. On voit que :

1° ces deux substances ont une absorption qui débute vers 2950 Å, présente une large bande de $\lambda = 2900$ Å, jusqu'à $\lambda = 2600$ Å environ. Une absorption générale continue commence ensuite au voisinage de $\lambda = 2500$ Å;

2° la courbe d'absorption est la même pour le caséinate et pour le paracaséinate. Les différences, bien que paraissant systématiques, dans les régions comprises entre 2800-2920 Å et 2400-2450 Å, ne semblent pas dépasser les erreurs d'expériences possibles;

3° l'absorption présente un maximum pour $\lambda = 2765$ Å. Cette bande semble tout à fait analogue aux bandes d'absorption découvertes par d'autres auteurs pour diverses albumines et acides aminés;

4° cette bande présente un maximum secondaire vers $\lambda = 2840$ Å. Ce maximum secondaire a été obtenu sur tous nos clichés et est directement visible sur les enregistrements. Ceci est à rapprocher des résultats obtenus par Vlès [1].

---

[1] F. Vlès et Prager, *Arch. phys. Biol.*, 10, 1932, p. 5.

De nombreux travaux sur les albumines et les acides aminés, entre autres ceux de Dhéré, ont conduit leurs auteurs à attribuer l'existence d'une bande d'absorption dans la région 2760 Å, à la présence de tyrosine, de tryptophane et de phénylalanine. La réaction de Voisenet, la réaction de Millon et la réaction xanthoprotéique, caractéristiques de ces acides aminés, sont négatives en ce qui concerne la protéine détachée, et positives pour la caséine et la paracaséine. Les résultats chimiques sont donc en accord avec nos observations spectrographiques.

PROTISTOLOGIE. — *Les* Coccidinidæ, *Dinoflagellés coccidiomorphes parasites de Dinoflagellés, et le phylum des* Phytodinozoa. Note (¹) de M. **Édouard Chatton** et Mlle **Berthe Biecheler**.

Dans le cytoplasme du Dinoflagellé *Glenodinium sociale* Henneguy et d'un *Peridinium*, tous deux des parages de Villeroy à Sète, se trouvent des Protistes dont les stades végétatifs et de multiplication sont des Coccidies, tandis que leurs germes sont des Dinoflagellés du type syndinien. A ces formes nouvelles, nous donnons les noms de *Coccidinium n. gen. Legeri*, *n. sp.*, et *C. Duboscqui*, *n. sp.*

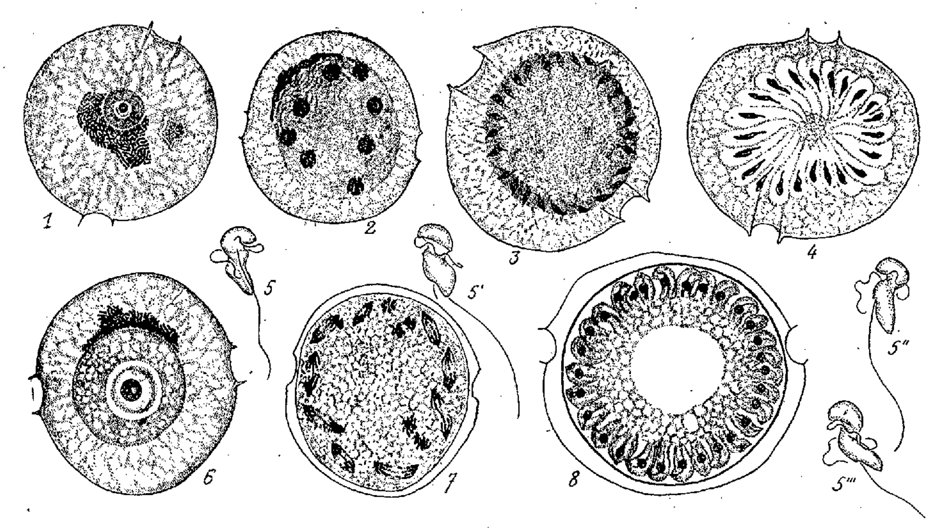
Le *Coccidinium Duboscqui* présente deux séries de stades constituant deux évolutions distinctes. L'une et l'autre ont pour origine de petites formes uninucléées, situées au contact même du noyau qu'elles dépriment, compriment puis détruisent. Mais elles se distinguent déjà par leur charge en globules glucidiques; rares et ténus dans les unes, ils sont plus nombreux et plus gros dans les autres, différences qui s'accentueront. Le Lugol les teinte d'abord en violacé comme les grains amylacés de l'hôte, puis en brun rouge. Dans les formes à deutoplasme rare, qui restent nues, la première mitose est précoce et les suivantes s'espacent au cours de la croissance, offrant des figures nettement syndiniennes, où l'on compte, non sans difficulté, 4 ou 5 chromosomes en forme de V.

Les noyaux se répartissent à la périphérie, y prennent cette forme en virgule et cette situation superficielle qu'on observe dans les microgamétogénèses eimériennes. Mais, ici, la masse entière se découpe, et sans reliquat notable, en éléments radiaires, à noyaux axiaux. Alors que le *Peridinium* est encore bien mobile, quoique son noyau soit entièrement détruit, ces éléments se dispersent en une nage rapide.

(¹) Séance du 16 juillet 1934.

Ils ont la forme représentée en 5, qui est celle des dinospores des Syndinides et particulièrement celle à pôle antérieur dilaté des *Merodinium* des Radiolaires Polycyttaires. Nous ne connaissons pas leur destinée.

Les parasites de la deuxième série, riches en deutoplasme, s'accroissent longtemps avec un seul noyau vésiculeux, nucléolé. Au début de la série des divisions, ils s'entourent d'une mince membrane kystique. Ils ne dépassent pas, dans l'hôte vivant, les stades à 16 ou 32 noyaux, mais leur évolution se poursuit de 5 à 8 jours dans la dépouille du Péridinien tombé sur le fond. Tandis que, sous le kyste épaissi, la multiplication nucléaire se continue lentement à la périphérie, le centre du plasmode se creuse d'une grosse vacuole qui dilate fortement le parasite. Les noyaux, qui



Coccidinium Duboscqui, n. gen., n. sp., dans *Peridinium* sp. 1, formes jeunes initiales; 2, 3, 4, stades de l'évolution des formes nues; 5, dinospores; 6-9, stades menant à la sporulation sous le kyste.

conservent jusqu'à la dernière scission le type syndinien, deviennent alors annulaires. Le cytoplasme périphérique, déblayé du deutoplasme, est le siège d'un perlage laissant un reliquat. Il est superflu d'insister sur l'analogie de ce processus avec la formation des schizozoïtes et surtout des sporoblastes des Coccidies et des gamètes des Grégarines. Mais les éléments produits par ce perlage sont flagellés et identiques aux dinospores issues des plasmodes nus. Nous n'avons jamais vu ces dinospores sortir du kyste où, dans les conditions des observations, elles dégénèrent rapidement.

Nous inclinons naturellement à voir dans les stades de la première série une microgamétogénèse et dans ceux de la deuxième une macrogamétogénèse suivie de fécondation et de sporogonie. Mais cette interprétation est à vérifier.

Le *Coccidinium Legeri* du *Glenodinium sociale* montre aussi deux séries de stades : 1° de petits plasmodes ne dépassant pas le stade à 8 noyaux et qui donnent sans doute des dinospores; 2° des parasites s'accroissant considérablement dans le Péridinien vivant. Leur gros noyau nucléolé ne se divise pas, mais après la mort de l'hôte et l'enkystement du parasite dans sa dépouille, la multiplication nucléaire, allant de pair avec la formation d'une grosse vacuole centrale, aboutit à un perlage et à des dinospores identiques à celles de l'espèce précédente.

Conclusions. — L'existence de Dinoflagellés parasites de Dinoflagellés fournit un nouvel argument à l'interprétation parasitaire de l'anisosporogénèse des Radiolaires produite et défendue ici même par E. Chatton ([1]). Mais la connaissance des Coccidinides ouvre des horizons plus étendus. Les Sporozoaires restaient jusqu'ici un groupe entièrement fermé, et dont on pouvait présumer seulement l'origine flagellée. Bütschli (1883-1887) voit celle des Grégarines dans les Eugléniens. L. Léger (1898), Léger et Duboscq (1910), insistant sur l'importance phylogénétique du microgamète, inclinent à voir celle des Coccidies dans les Bodonides. Chatton (1925) place les Sporozoaires dans son phylum des *Mastigiæ*.

Cependant nulle forme n'était venue jusqu'ici combler l'hiatus considérable qui existait entre l'évolution simple des Flagellés et celle, si complexe, des Coccidies et des Grégarines. Les Coccidinides s'y placent, plus près des premières que des secondes.

Est-il permis à l'un de nous de dire que, connaissant les Syndinides, il considérait déja cette filiation comme inscrite dans le style des mitoses coccidiennes homéotypiques? Il avait noté dès 1919 ([2]) les analogies entre modes mitotiques syndiniens et coccidiens. Belár ([3]) les avait soulignées à son tour, mais pour plaider contre Chatton, tant il était éloigné de l'idée d'une filiation possible des Dinoflagellés aux Coccidies, l'insignifiance phy-

---

([1]) *L'origine péridinienne des Radiolaires et l'interprétation parasitaire de l' « anisosporogénèse »* (*Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 309).

([2]) E. CHATTON. *Les Péridiniens parasites. Morphologie. Reproduction. Ethologie* (*Arch. Zool. exp. et gén.*, **59**, 1919, p. 1-475).

([3]) *Formwechsel d. Protistenkerne*, Fischer, Iéna, 1925.

létique de la mitose syndinienne. Nul doute que, connaissant les Coccidinides, il eût renoncé à cette argumentation.

Ajoutons que le type pleuroconte du gamète coccidien et l'haploïdie des Coccidies, bien démontrée par Reichenow (1919), Greiner (1919-1921), Dobell (1925), Naville (1925), trouvent leur claire explication dans l'existence des mêmes structures et conditions chez les Dinoflagellés, particulièrement chez les Syndinides.

Les *Coccidinium* constituent le type d'un ordre nouveau : les *Coccidinea* avec la famille des *Coccidinidæ* (ou *Coccidiniacæ*), qu'on peut placer tout aussi bien dans les Sporozoaires que dans les Dinoflagellés. Ils prolongent remarquablement l'histoire évolutive de ceux-ci, qui englobe déjà les Radiolaires, au moins en partie. Ainsi se révèle l'existence de tout un phylum de souche péridinienne : les *Phytodinozoa*.

M. **Ch. Gravier** fait hommage à l'Académie des Mémoires suivants :

1° *La ponte et l'incubation chez les Annélides Polychètes* [*Ann. Sc. nat., Zool.*, 10e série, 6, p. 153-248, 36 fig. dans le texte. (Cours professé au Muséum en 1923.)]

2° *La ponte et l'incubation chez les Crustacés* [*Ann. Sc. nat., Zool.*, 10e série, 14, 1931, p. 303-418, 66 fig. dans le texte. (Cours professé au Muséum en 1930.)]

3° *Remarques sur la morphologie du parapode des Néréidiens* [*Ann. Sc. nat., Zool.*, 17, 1934, p. 347-367, 15 fig. dans le texte. (Cours professé au Muséum en 1933.)]

4° *Annélides Polychètes recueillies au cours de pêches nocturnes à la lumière sur les côtes d'Annam*, par Ch. Gravier et J.-L. Dantan (*Ann. Inst. océanogr.*, 14, III, 1934, p. 37-136, 130 fig. origin. dans le texte).

M. **Émile Forgue**, par l'organe de M. **A. d'Arsonval**, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Précis d'anesthésie chirurgicale*.

CORRESPONDANCE.

M. **Auguste Chevalier** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Botanique par le décès de M. *H. Lecomte*.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur le premier cas du théorème de Fermat.* Note [1] de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Hadamard.

Le résultat classique de Kummer [2] sur le théorème de Fermat est celui d'après lequel l'équation de Fermat

$$a_1^p + a_2^p + a_3^p = 0 \tag{1}$$

est impossible en nombres entiers si le nombre (premier impair) p est *régulier :* autrement dit, pour qu'elle puisse avoir lieu, il faut que p divise le numérateur de l'un au moins des $p - 3/2$ premiers nombres de Bernoulli.

Mais, d'autre part, Kummer établit [3] que, si les trois entiers a_1, a_2, a_3 sont premiers à p, on doit aussi avoir

$$B_{\frac{p-i}{2}} \left[\frac{d^i \log(a_{m_1} + e^v a_{m_2})}{dv^i} \right]_{v=0} \equiv 0 \qquad (\operatorname{mod} p)$$

pour $i = 3, 5, \ldots, p-2$, où B_n est le $n^{\text{ième}}$ nombre de Bernoulli et m_1, m_2 deux quelconques des indices 1, 2, 3. Mais, d'après une formule de John Hershel [4], donnée aussi par D. Hilbert [5], on a

$$\left[\frac{d^i \log(a_1 + e^v a_2)}{dv^i} \right]_{v=0} = \sum_{k=1}^{i} \frac{\Delta^k o^i}{k!} \left[\frac{d^k \log(a_1 + \zeta a_2)}{d\zeta_k} \right]_{\zeta=1},$$

---

(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) Voir Hilbert, *Théorie des corps de nombres algébriques*, trad. A. Lévy et Got, Paris, Hermann, 1913.

(3) *Abhand. der Akad. Wiss. zu Berlin*, 1857, p. 41.

(4) *Phil. Trans.*, **106**, 1816, p. 25.

(5) *Jahresb. d. Deut. Mat. Ver.*, **4**, 1894-1895, p. 175.

où $\Delta^k o^i$ désigne le premier terme de la suite des différences $k^{\text{ièmes}}$ des nombres de la suite $1^i, 2^i, \ldots, n^i, \ldots$.

Enfin, si l'on pose $\theta = a_2 / a_1 + a_2$, on a

$$\left[\frac{d^k \log(a_1 + \zeta a_2)}{d\zeta^k}\right]_{\zeta=1} = (-1)^{k-1}(k-1)!\,\theta^k,$$

d'où

$$\left[\frac{d^i \log(a_1 + e^v a_2)}{dv^i}\right]_{v=0} = -\sum_{k=1}^{i} (-1)^k \frac{\Delta^k o^i}{k} \theta^k = -\Phi_i(\theta).$$

D'autre part, on a la formule connue

$$\Delta^k o^i = k(\Delta^k o^{i-1} + \Delta^{k-1} o^{i-1}),$$

d'où l'on tire

$$\Phi_{i+1}(\theta) = \theta(1-\theta)\,\Phi'_i(\theta), \tag{2}$$

ce qui permet, en vertu de $\Phi_1(\theta) = -\theta$, de calculer les $\Phi_i(\theta)$ par récurrence. Une conséquence avait été démontrée par Saalschütz [1].

En appliquant le théorème de Rolle, on voit que tous les zéros de $\Phi_i(\theta)$ sont réels, simples, et contenus dans l'intervalle fermé $(0, 1)$. Par suite, le résultant R_i de $\Phi_i(\theta)/\theta(1-\theta)$ et de $\theta^i / \Phi_i(1/\theta) / 1 - \theta$ n'est pas nul, et

$$|R_i| < e^{-\left(\frac{3i}{2}-2\right)^2} [(i-1)!]^{2(i-2)}.$$

Cette expression est pour i assez grand inférieure à $e^{(i-1/2)^3}$; supposons que cela soit vrai pour $i \geqq i_0$. Choisissons p_0 assez grand pour que $|R_i| < p_0$ si $i < i_0$. Dès lors, si $i - 1/2 < \sqrt[3]{\log p}$ $(p \geqq p_0)$, nous aurons

$$|R_i| < e^{\left(\frac{i-1}{2}\right)^3} < e^{(\sqrt[3]{\log p})^3} = e^{\log p} = p.$$

Supposons, d'autre part, que

$$B_{\frac{p-i}{2}} \not\equiv 0 \pmod p$$

---

[1] *Journ. für r. u. a. Math.*, **123**, 1901, p. 210. Saalschütz pose, pour i pair, $\Phi_i(\theta) = \psi_{\frac{i}{2}}(\xi)$ où $\xi = \theta(1-\theta)$, et démontre la formule de récurrence

$$\psi_{k+1}(\xi) = (1 - 4\xi - 2\xi^2)\,\psi'_k(\xi) + (\xi - 4\xi^2)\,\psi''_k(\xi),$$

qui est la formule qu'on obtient en appliquant deux fois (2) et tenant compte de

$$\frac{df(\theta)}{d\theta} = \frac{d\varphi(\xi)}{d\xi}\frac{d\xi}{d\theta}, \qquad \text{où } f(\theta) = \varphi(\xi).$$

pour $i - 1/2 < \sqrt[3]{\log p}$ $(i \neq 1)$; alors, si l'égalité (1) est satisfaite pour a_1, a_2, a_3 premiers à p, c'est-à-dire $\theta \not\equiv 0$, $\theta \not\equiv 1 \pmod p$, on a

$$\left[\frac{d^i \log(a_1 + e^v a_2)}{dv^i}\right]_{v=0} = -\Phi_i(\theta) \equiv 0 \pmod p,$$
$$\left[\frac{d^i \log(a_1 + e^v a_3)}{dv^i}\right]_{v=0} = -\Phi_i\left(\frac{a_3}{a_1 + a_3}\right) \equiv 0 \pmod p.$$

Or on a $a_1 + a_2 + a_3 \equiv 0 \pmod p$, d'où $a_3/a_1 + a_3 \equiv 1/\theta \pmod p$. On a donc

$$\frac{\Phi_i(\theta)}{\theta(1-\theta)} \equiv 0 \pmod p, \qquad \theta^i \frac{\Phi_i\left(\frac{1}{\theta}\right)}{1-\theta} \equiv 0 \pmod p$$

et, par suite, $R_i \equiv 0 \pmod p$, ce qui est impossible puisque $|R_i| < p$. Donc, *il existe un nombre p_0 tel que, pour $p \geq p_0$, l'existence de trois entiers a_1, a_2, a_3 premiers à p tels que*

$$a_1^p + a_2^p + a_3^p = 0$$

entraîne la divisibilité par p de $E(\sqrt[3]{\log p})$ *nombres de Bernoulli consécutifs, dont le dernier est* $B_{\frac{p-3}{2}}$.

Ainsi, si aucun des entiers a_1, a_2, a_3 n'est divisible par p, l'égalité de Fermat exige que ce nombre divise non seulement *l'un* des $p - 3/2$ premiers nombres de Bernoulli, mais un grand nombre d'entre eux.

On peut tirer en combinant cela avec les résultats de Hecke et de Furtwängler (1) que le premier facteur du nombre de classes du corps des racines $p^{\text{ièmes}}$ de l'unité est divisible par une puissance de p dont l'exposant dépasse le nombre des éléments de base du groupe des classes irrégulières du plus grand sous-corps réel d'au moins $E(\sqrt[3]{\log p})$ (2).

(1) *Gött. Nach.*, 1910, p. 420.

(2) Ce résultat a été démontré par Mirimanoff pour $i - 1/2 \leq 4$, et récemment il a été démontré pour $i - 1/2 \leq 6$; ici, il est démontré pour $i - 1/2 \leq E(\sqrt[3]{\log p})$; mais il est facile d'avoir pour R_i une limitation beaucoup plus précise que $e^{-\left(\frac{3i}{2}-2\right)^2}[(i-1)!]^{2(i-2)}$ et, *a fortiori*, que $e^{\left(\frac{i-1}{2}\right)^3}$.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur quelques résultats nouveaux dans la théorie des nombres transcendants.* Note de M. **A. Gelfond**, présentée par M. Hadamard.

J'ai démontré [1] que le nombre ω^r, où $\omega \neq 0,1$ est un nombre algébrique et r un nombre algébrique irrationnel, doit être transcendant.

Par une généralisation de la méthode qui sert pour la démonstration du théorème énoncé, j'ai démontré les théorèmes plus généraux suivants :

I. Théorème. — *Soient* $P(x_1, x_2, \ldots, x_n, y_1, \ldots, y_m)$ *un polynome à coefficients entiers rationnels et* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_m$ *des nombres algébriques*, $\beta_i = 0,1$.

L'égalité

$$P(e^{\alpha_1}, e^{\alpha_2}, \ldots, e^{\alpha_n}, \ln\beta_1, \ln\beta_2, \ldots, \ln\beta_m) = 0$$

est impossible; *les nombres*, $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$, *et aussi les nombres* $\ln\beta_1, \ln\beta_2, \ln\beta_3, \ldots, \ln\beta_m$ *sont linéairement indépendants dans le corps des nombres rationnels.*

Ce théorème contient, comme cas particuliers, le théorème de Hermite et Lindemann, la résolution complète du problème de Hilbert, la transcendance des nombres $e^{\omega_1 e^{\omega_2}}$ (où ω_1 et ω_2 sont des nombres algébriques), le théorème sur la transcendance relative des nombres e et π.

II. Théorème. — *Les nombres*

$$e^{\omega_1 e^{\omega_2 e^{\cdot^{\cdot^{\cdot \omega_{n-1} e^{\omega_n}}}}}} \quad \text{et} \quad \alpha_1^{\alpha_2^{\alpha_3^{\cdot^{\cdot^{\cdot \alpha_m}}}}},$$

où $\omega_1 \neq 0, \omega_2, \ldots, \omega_n$ et $\alpha_1 \neq 0,1, \alpha_2 \neq 0,1, \alpha_3 \neq 0, \alpha_4, \ldots, \alpha_m$ *sont des nombres algébriques, sont des nombres transcendants et entre les nombres de cette forme n'existent pas de relations algébriques, à coefficients entiers rationnels* (non triviales).

La démonstration de ces résultats et de quelques autres résultats sur les nombres transcendants sera donnée dans un autre Recueil.

---

(1) *Sur le septième problème de D. Hilbert* (*C. R. de l'Acad. des Sciences de l'U. R. S. S.*, 2, I, 1er avril 1934, et *Bull. de l'Acad. des Sciences de l'U. R. S. S.*, 7e série, 4, 1934, p. 623).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les périhélies des petites planètes.* Note (¹) de M. **Jean Mascart**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Parmi les nombreuses remarques que nous avons faites en étudiant la constitution de l'anneau des petites planètes, nous avons fait observer que l'action perturbatrice de Jupiter augmentait *généralement* l'excentricité de l'orbite et que, autour de 700 (²) de moyen mouvement, il y avait une tendance à diriger l'axe de l'orbite vers le périhélie de Jupiter (notamment *Ann. Obs. Paris*, 23, 1902, p. 45 et 50).

Bien que le problème théorique comporte de forts longs développements, il n'est pas complètement inabordable dans le cas du problème plan.

Soient r, a, n la distance au Soleil, le demi-grand axe et le moyen mouvement de la planète troublée, d'élongation θ par rapport à Jupiter (de moyen mouvement n') et posons

$$\frac{n}{n-n'}=\mathrm{K}+\varepsilon,\qquad r=\frac{a}{1+\rho},\qquad \mathrm{R}=1-\frac{r}{a}=\rho-\rho^2+\rho^3+\ldots.$$

Si, comme Gyldèn, Harzer, Callandreau, etc., on cherche, par la méthode de Laplace, des approximations successives dans les équations différentielles des coordonnées elles-mêmes, ρ dépend d'une équation du second ordre dont la première réduite donne

$$\rho=p\cos k\theta+q\sin k\theta,$$

et nous sommes en présence de quatre paramètres : p et q définissent l'excentricité et la position du périhélie, k et ε font intervenir les relations de commensurabilité et le *voisinage* d'une lacune — et ce sont les quatre influences dont on peut rechercher le rôle tout le long de l'anneau.

La quantité ρ étant de l'ordre de l'excentricité, on pourra très généralement se borner à sa troisième puissance, et R, en coordonnées polaires, représentera la trajectoire de la planète autour de sa position moyenne, l'axe des x étant toujours parallèle à la droite qui joint Jupiter au Soleil. Nos calculs permettent de suivre la déformation d'un faisceau de courbes, d'un bord à l'autre de l'anneau, et nous rencontrons divers cas de libration analogues à ceux des belles recherches de Andoyer (³), en

(¹) Séance du 16 juillet 1934.

(²) Notamment *Ann. Obs. Paris*, 23, 1902, fasc. 45 et 51.

(³) *Bull. astr.*, 20, 1903, p. 321.

appliquant la méthode de Delaunay au type Hécube ($k=2$); mais par la méthode employée, je ne puis trop m'approcher des deux régions critiques $k=2$ et $k=3$, où un grand nombre des termes de mes développements deviennent infinis, et qui doivent être étudiés séparément.

La forme de R est la suivante :

$$R=\sum_{n=0}^{n=21} M_n \cos n\theta + \theta \sum_{n=-14}^{n=+14} N_n[p\sin(k+n)\theta - q\cos(k+n)\theta] + P + Q,$$

P étant une fonction périodique à 43 termes, du premier degré en p et q, et Q une fonction de p, q, ε, k du second degré au moins en p et q. Pour 53 valeurs de a, tout le long de l'anneau, j'ai calculé les 22 valeurs des M, les 29 valeurs des N et les 43 termes qui correspondent à la fonction P; les calculs étendus de Q sont entrepris et j'espère pouvoir les achever.

Les termes en N, périodiques, n'intéressent pas immédiatement la constitution théorique de l'anneau; ils peuvent plutôt être utiles pour une correction d'éphéméride dans le cas d'une forte excentricité ou le calcul d'une orbite avec peu d'observations.

Si l'on se borne aux termes en M, on obtient les perturbations indépendantes de l'excentricité. En première approximation, la demi-somme des valeurs de R, pour deux valeurs de θ qui diffèrent de 180°, indiquera l'excentricité complémentaire qui résulterait des perturbations de Jupiter sur une orbite primitive circulaire, en prenant le maximum de cette demi-somme : nos résultats numériques sont probants à cet égard et montrent bien la tendance à augmenter l'excentricité; de plus, ils signalent qu'en s'approchant de Jupiter, pour les axes de 4,07 à 4,20, on rencontre une zone critique à décroissance rapide de cet effet, qui méritera une étude plus complète en introduisant les excentricités à l'origine, à cause surtout de la faible densité de l'anneau dans cette région.

De plus, pour le maximum de cette demi-somme, on voit que la valeur correspondante de θ est nulle pour la zone qui va de 4,0 à 4,13, ce qui dirige l'axe de l'orbite vers Jupiter : or nous avions bien trouvé une tendance à placer les périhélies en conjonction vers 3,6 correspondant à la relation $k=7/3$ et la confirmation est satisfaisante.

Ceci n'est qu'une indication brève de calculs et résultats dont le détail prendra place dans un autre Recueil, et nous aborderons bientôt l'étude de la fonction Q et le rôle du voisinage des lacunes.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur les variations de l'ellipsoïde des vitesses dans le plan galactique*. Note de MM. **Henri Mineur** et **Henri Camichel**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Il est connu que la répartition des vitesses résiduelles des étoiles est ellipsoïdale et que le grand axe de cet ellipsoïde, qui est dans la plupart des cas un axe de révolution, a une longitude voisine de 345°. Diverses recherches ([1]) permettent de prévoir une variation des éléments de cet ellipsoïde lorsqu'on se déplace dans le plan galactique.

La méthode la plus sûre pour étudier cette question consiste à utiliser les coordonnées galactiques x, y, et les composantes correspondantes X, Y, des vitesses des étoiles géantes de types avancés.

Nous avons utilisé dans ce but les éléments calculés et réunis en fichier à l'Observatoire de Paris par nos collaborateurs, M[lles] Canavaggia et Fribourg et nous-mêmes.

2. Nous avons d'abord calculé les éléments des ellipsoïdes de vitesse : longitude l, latitude b et longueur des axes :

		Grand axe.			Axe moyen.			Petit axe.		
Étoiles.	Nombre.	*l.*	*b.*	*a.*	*l.*	*b.*	*b.*	*l.*	*b.*	*c.*
G_0 à G_4.........	74	333°	+ 7°	20,4	63°	0°	16,9	335°	—83°	10,7
G_5 à G_9.........	234	353	+ 7	20,1	83	+16	13,7	63	—73	12,9
K_0 à K_4........	780	347	+ 3	20,7	78	+22	16,3	68	—68	13,6
K_4 à K_9........	139	347	+10	21,0	78	+12	17,4	3	—25	12,9
M.............	263	336	+ 5	22,2	68	+22	17,4	67	—57	15,2

3. Nous avons partagé le plan galactique en 9 carrés de 100 parsecs de côté et pour les étoiles de chacun de ces carrés de centre (x, y) nous avons calculé la longitude θ du vertex ainsi que les longueurs a et b des axes dirigés dans le plan galactique.

Si l'on suppose que la direction du vertex coïncide en chaque point avec la direction qui joint ce point à un point fixe x_0, y_0, on a les équations

$$(1) \qquad -y_0 \cos\theta + x_0 \sin\theta = -y \cos\theta + x \sin\theta.$$

Si l'on suppose que la direction du vertex est perpendiculaire en chaque

([1]) G. Strömberg, *Mount Wilson Contributions* n° 144, 1918, p. 1; M. et M[me] Mineur, *Bulletin astronomique*, 7, 1932, p. 321.

point à la direction qui joint ce point au point fixe x'_0, y'_0, on a les équations

(2) $$x'_0 \cos\theta + y'_0 \sin\theta = x\cos\theta + y_0 \sin\theta.$$

Enfin on peut chercher à représenter les variations a et b par des fonctions linéaires de x et y :

(3) $$a = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y,$$

(4) $$b = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y.$$

Les équations telles que (1), (2), (3) et (4) relatives aux 9 carrés considérés traitées par la méthode des moindres carrés donnent :

Étoiles.	x_0.	y_0.	x'_0.	y'_0.	α_0.	α_1.	α_2.	β_0.	β_1.	β_2.
G_0–G_4..........	−0,85	+0,62	−0,07	−1,12	+18,89	−0,99	−2,57	+16,36	+1,36	+1,00
	±0,8	±0,2	±0,2	±0,7	± 2,7	±2,8	±3,6	± 2,0	±2,1	±2,5
G_5–G_9..........	−0,24	+0,31	+0,08	+0,59	+20,06	−4,74	+1,17	+19,61	−3,61	−3,30
	±0,7	±0,2	±0,2	±0,8	± 1,5	±2,1	±2,4	± 1,7	±2,4	±2,8
K_0–K_4..........	−1,75	+0,50	0	−0,26	+21,04	+0,14	−1,81	+19,80	−0,57	−0,45
	±0,8	±0,2	±0,2	±0,7	± 0,4	±0,7	±0,6	± 0,3	±0,6	±0,5
K_5–K_9..........	−0,19	+0,09	+0,58	+1,31	+20,26	+4,40	−2,14	+18,75	+2,87	−3,74
	±0,5	±0,2	±0,1	±0,2	± 1,2	±2,0	±1,9	± 0,9	±1,5	±1,4
M..............	+1,26	−0,06	−1,55	−3,71	+20,80	−0,29	+3,16	+19,00	−0,74	+1,80
	±0,9	±0.6	±0,5	±0,7	± 0,6	±0,6	±0,7	± 0,8	±0,9	±1,1
Moyennes.....	−0,36	+0,35	+0,05	+0,71	+20,85	−0,63	+0,15	+19,56	−0,32	−0,43
	±0,31	±0,10	±0,07	±0,17	± 0,31	±0,43	±0,43	± 0,26	±0,45	±0,42

A l'aspect de ce tableau on voit qu'aucune des hypothèses correspondant à l'équation (1) ou à l'équation (2) n'est vérifiée, en sorte que dans le champ étudié (200 parsecs de diamètre) la direction du vertex paraît constante. De même aucune variation nette de la grandeur des axes de l'ellipsoïde des vitesses ne paraît avoir lieu dans ce champ.

On peut conclure de là que le centre de rotation des étoiles est à une distance du Soleil supérieure à 300 parsecs.

4. D'après le tableau du paragraphe 2 les longueurs moyennes des axes a et b sont :

$$a = 20{,}9, \qquad b = 16{,}2,$$

et leur rapport est 0,78.

Au contraire d'après le tableau du paragraphe 3 le rapport β_0/α_0 est 0,95 ; la figure des viteses apparaît donc presque circulaire dans le plan galactique lorsqu'on calcule ses éléments dans des surfaces assez restreintes de ce plan et qu'on tient compte de leurs variations avec la position de ces surfaces.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Remarques sur les forces de Van der Waals dans le mercure liquide et dans la molécule* Hg^2. Note de MM. **Hans Ekstein** et **Michel Magat**, présentée par M. P. Langevin.

H. Kuhn (¹) et F. London (²) ont démontré par un calcul sommaire que l'ordre de grandeur de l'énergie de dissociation de la molécule Hg^2 trouvée par Kœrnicke (³), et ensuite par Kuhn, est en bon accord avec les énergies d'attraction des forces de Van der Waals. L'un de nous a invoqué ces mêmes forces dans un autre travail (⁴) pour expliquer certaines fréquences du spectre Raman de l'eau liquide.

Nous avons admis pour la chaleur d'évaporation du mercure au zéro absolu la valeur de 15,5 k/cal, d'après Egerton (⁵), et pour la distance entre les molécules voisines à cette même température d'après $d_{\min} = 3,20$ Å. Cette dernière valeur nous semble assez bien assurée, parce que, pour le mercure, l'expression $d + s/2$ est une fonction très exactement linéaire de la température, tout au moins entre 253 et 773° K. La structure du mercure liquide est connue : c'est la structure hexagonale (empilement dense) (⁶). Nous admettons pour le potentiel ε entre deux molécules la forme de Born

$$\varepsilon = -\frac{a}{r^m} + \frac{b}{r^n} \quad \text{avec} \quad m = 6. \tag{1}$$

Nous avons fait les calculs en prenant successivement trois valeurs différentes de a :

1° la valeur calculée par London (*loc. cit.*), a_L, qui, pour une molécule-gramme, est égale à $3{,}395.10^3$ k/cal. Å^6 ;

2° la même valeur corrigée par multiplication avec le facteur 3/2, comme le propose Born (⁷) : $a_{corr} = 3/2\, a_L$;

(¹) H. Kuhn. *Z. f. Physik*, **63**, 1930, p. 458; Kuhn et Freudenberg, *Z. f. Physik*, **76**, 1932, p. 38.

(²) F. London, *Zeitschrift f. physikal. Chemie*, **11**, 1930, p. 222.

(³) Kœrnicke, *Z. f. Physik*, **33**, 1925, p. 219.

(⁴) Magat, *Journal de Physique*, juillet 1934 (sous presse).

(⁵) Egerton, *Phil. Mag.*, **39**, 1920, p. 17.

(⁶) Debye et Menke, *Physikal, Zeitschrift*, **31**, 1930, p. 797.

(⁷) Born, *Z. f. Physik*, **75**, 1932, p. 1.

3° celle que donne la formule de Slater et Kirkwood [1]

(2) $$a_{\rm Sl} = 1{,}630.10^{-9}\,\alpha^{3/2}.\,s^{1/2}\ \text{kcal}.\ \text{Å}^6$$

où s = le nombre d'électrons de la couche extérieure (2 dans notre cas) et α = la polarisibilité, qui peut se calculer, connaissant l'indice de réfraction, d'après la formule de Lorentz-Lorenz. Nous trouvons $\alpha_{2700\text{Å}} = 5{,}44.10^{-24}$ [2], et par conséquent $a_{\rm Sl} = 5{,}83.10^3$ k/cal. Å^6.

En étendant la théorie connue de Born, au cas du mercure, figé dans sa structure hexagonale au zéro absolu, nous trouvons pour la chaleur de vaporisation L_0 au zéro absolu l'expression

(3) $$L_0 = -\,N_M^6\,\frac{a}{d_{\min}^6} + N_M^n\,\frac{b}{d_{\min}^n}, \qquad \text{où} \qquad N_M^k = \frac{1}{2}\sum\left(\frac{d_{\min}}{r}\right)^k$$

est le nombre de Madelung relatif à des atomes neutres disposés suivant la structure de la substance et dont le potentiel mutuel varie suivant la puissance k de $1/r$. Le calcul donne $N_M^6 = 7{,}22$, valeur très voisine de celle de N_M^6 pour la structure cubique à faces centrées. Nous admettrons donc les valeurs relatives à cette structure toutes les fois que nous aurons $k > 6$. Les résultats ainsi obtenus sont valables à l'approximation de nos calculs.

En introduisant ces nombres, ainsi que la valeur expérimentale de L_0 dans la formule (3), on obtient pour le second terme du deuxième membre

$$B = N_M^n\,\frac{b}{d_{\min}^n}, \qquad B_L = 8{,}98\ \text{k/cal}, \qquad B_{\rm corr} = 21{,}3\ \text{k/cal} \qquad \text{et} \qquad B_{\rm Sl} = 23{,}5\ \text{k/cal}.$$

D'autre part on sait, qu'au zéro absolu le potentiel est minimum, la distance entre atomes voisins étant de 3,20 Å.

On a donc

$$\frac{6}{d_{\min}}\,N_M^6\,\frac{a}{d_{\min}^6} = \frac{n}{d_{\min}}\,N_M^n\,\frac{b}{d_{\min}^n},$$

$$6A_0 = nB_0 \qquad \text{ou} \qquad n = \frac{6A_0}{B_0},$$

d'où résultent

$$n_L = 16{,}3; \qquad n_{\rm corr} = 10{,}4; \qquad n_{\rm Sl} = 10.$$

Si nous supposons que N_M^n est le même que pour le système cubique à faces centrées, c'est-à-dire $N_M^{16,3} = 6{,}00$ et $N_M^{10,4} = N_M^{10} = 6{,}16$, il est aisé de

---

[1] SLATER et KIRKWOOD, *Phys. Rev.*, 2e série, 37, 1931, p. 682.

[2] WOLFSOHN, *Z. f. Physik*, 63, 1930, p. 634.

calculer b et de connaître complètement la fonction (1). En revenant aux cas de deux atomes isolés, on peut déterminer alors par différentiation la distance du potentiel minimum et l'on trouve $r_{min} = 3{,}28$, $3{,}38$ et $3{,}49$ Å, en se servant respectivement de a_L, a_{corr} et a_{SL}. On voit que cette distance, qui est fort importante en théorie cinétique des gaz, surtout pour l'équation d'état, est nettement différente de la valeur calculée à partir du liquide au zéro absolu.

L'énergie de dissociation de la molécule non excitée Hg^2 se déduit du calcul précédent : $D_L = 1{,}93$; $D_{corr} = 1{,}45$; $D_{SL} = 1{,}27$ k/cal. La valeur expérimentale est donnée par Kuhn et Freudenberg (1), 1,6 k/cal. et par Kœrnicke 1,38 k/cal. On voit que les valeurs calculées, d'après Slater et London (corr), s'accordent aussi bien entre elles qu'avec les nombres observés. La concordance est moins bonne pour D_L. Un fait remarquable est que nous avons réussi à représenter par une seule fonction potentielle les forces attractives dans le liquide et dans la vapeur du mercure; il en résulte que les électrons de conductibilité métallique ne paraissent pas jouer un rôle particulier (2).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet Johnsen-Rabbeck.* Note (3) de M. **Georges Dechêne**, présentée par M. A. Cotton.

1° *Généralités.* — Soit une substance semi-conductrice en bon contact avec une électrode métallique M. Sur une région plane et polie de cette substance, posons une lame métallique P et établissons entre M et P une différence de potentiel de l'ordre d'nne centaine de volts. On constate alors que l'électrode P adhère à la surface; pour l'en séparer, il faut exercer une force de quelques grammes par centimètre carré de surface; ce phénomène constitue l'effet Johnsen-Rabbeck (4).

---

(1) Kuhn et Freudenberg, *Z. f. Physik*, 76, 1932, p. 38.

(2) Voir également J. E. Lennard Jones, *Proc. Phys. Soc.*, 43, 1931, p. 481.

(3) Séance du 16 juillet 1934.

(4) Johnsen et Rabbeck, *El. Techn. Zeit.*, 43, 1922, p. 587; Regener, *Zeit. f. Techn. Phys.*, 3, 1922, p. 220; Bergman, *ibid.*, 4, 1923, p. 11; Waszick, *ibid.*, 5, 1924, p. 29; Schering et Schmidt, *ibid.*, 6, 1925, p. 19; Kramer, *Zeits. f. Phys.*, 27, 1924, p. 74; Antinori, *ibid.*, 34, 1925, p. 705; Weidl, *Zeits. f. Techn. Ph.*, 9, 1928, p. 22; Toby, *Ann. der Phys.*, 86, 1928, p. 353.

La substance semi-conductrice utilisée dans mes expériences était un morceau de craie d'épaisseur 9^{mm}; la surface polie en contact avec l'électrode P avait $3^{cm^2},6$; la lame P était suspendue à l'un des plateaux d'une balance, l'autre plateau étant progressivement chargé jusqu'à obtenir l'arrachement.

2° *Interprétation de l'effet dans les travaux antérieurs.* — On admettait dans les travaux antérieurs que l'électrode P est séparée de la substance semi-conductrice par une mince couche d'air d'épaisseur e et que la variation v du potentiel dans cette couche d'air est presque égale à la différence de potentiel V établie entre M et P; la force d'attraction qui s'exerce sur chaque centimètre carré de l'électrode est alors

$$(1) \qquad F = \frac{V^2}{8\pi e^2}.$$

L'étude de la répartition du potentiel dans la substance semi-conductrice montre qu'effectivement la variation v du potentiel dans la région du contact est peu différente de V (Tableau B). Cependant, la formule (1) est mal vérifiée; elle indique que F est proportionnel à V^2 ou augmente plus rapidement si l'accroissement de F est accompagné d'une diminution de e; la plupart des auteurs trouvent au contraire que F augmente moins vite que V^2 (Tableaux A et B); d'après Toby, la proportionnalité de F à V^2 est vérifiée dans certaines conditions seulement.

3° *Nouvelle interprétation proposée.* — Les connaissances actuelles sur les semi-conducteurs ne permettent pas de conserver l'explication qu'on vient d'indiquer. Les travaux de M. Reboul ont montré qu'une variation importante du potentiel V se produit dans une substance semi-conductrice au voisinage de la surface de contact avec une électrode métallique lorsqu'elle est traversée par un courant électrique. Le champ électrique a alors sur l'électrode une valeur élevée E et la force d'attraction est, par centimètre carré,

$$(2) \qquad F = \frac{KE^2}{8\pi} = \frac{2\pi\sigma^2}{K},$$

σ, densité électrique superficielle sur l'électrode; K, constante diélectrique de la substance.

La formule (2) permet de déterminer E, σ et la capacité du contact par centimètre carré d'électrode

$$C = \frac{\sigma}{v}.$$

Les valeurs de C indiquées dans les Tableaux A et B sont du même ordre de grandeur que celles que j'ai déterminées en courant alternatif ([1]). On voit aussi que l'accroissement de E est moins rapide que celui de v; la variation v du potentiel au contact de l'électrode s'étend donc d'autant plus profondément dans la substance que sa valeur est grande; c'est un résultat que j'ai prévu par des considérations théoriques ([1]).

J'ai également montré que, pour une valeur déterminée de v, la capacité du contact et, par suite, les valeurs σ et E augmentent lorsque la conductibilité de la substance s'accroît; la formule (2) indique qu'on doit obtenir en même temps un accroissement de F; c'est ce qu'a observé Toby qui modifiait la conductibilité de la substance en la plaçant dans une atmosphère plus ou moins humide.

Tableau A.

On a utilisé pour ce tableau les résultats indiqués par Bergman (*loc. cit.*); on a admis pour le calcul de C l'égalité approchée $v = V$.

Substance.	V (volts).	F (gr).	E (volts/cm).	σ (E.S.).	C (farad).
Agate ($k \# 4$)	100	10,1	$7,5.10^4$	80	$2,7.10^{-10}$
	150	12,6	$8,3.10^4$	88	$1,9.10^{-10}$
	200	17,7	$9,9.10^4$	105	$1,7.10^{-10}$
Gypse ($k \# 6$)	100	1,8	$2,5.10^4$	41	$1,4.10^{-10}$
	150	3,2	$3,4.10^4$	55	$1,2.10^{-10}$
	200	3,8	$3,7.10^4$	60	$1,0.10^{-10}$

Tableau B. — *Mesures de l'auteur.*
Substance utilisée : Craie ($k \# 8$).

V (volts).	v (volts).	F (gr).	E (volts/cm).	σ (E.S.).	C (farad).
160	160	2,9	$2,8.10^5$	60	$1,6.10^{-10}$
330	325	6,9	$4,3.10^4$	92	$0,94.10^{-10}$
500	490	9,7	$5,2.10^4$	110	$0,75.10^{-10}$
645	595	10,4	$5,4.10^4$	114	$0,64.10^{-10}$

Enfin, l'interprétation que je propose permet d'expliquer un autre fait d'expérience signalé par Toby : la force d'attraction dépend, non seulement de la valeur de la tension utilisée, mais du sens de passage du courant dans la substance.

([1]) *Thèse de doctorat.* Paris, mai 1934.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur quelques essais de photographie des émissions de radiovision de Londres et d'une station locale sur ondes courtes.* Note [1] de MM. **Daniel Bodroux** et **René Rivault**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avions signalé [2] les anomalies observées par nous, à Poitiers, dans les réceptions des émissions de radiovision de Londres.

Pour étudier ces phénomènes de propagation à longue distance, nous nous sommes efforcés de fixer photographiquement les images obtenues. Pour pallier aux phénomènes d'affaiblissement, nous avons augmenté la sensibilité du récepteur. Après avoir essayé un changeur de fréquence à large bande passante, nous avons abandonné ce montage qui donne d'excellents résultats par instants, mais fournit trop souvent des images multiples inhérentes à l'appareil, et nous sommes revenus au poste à amplification directe, plus fidèle pour ce genre de travail (*fig.* 1).

L'appareil utilisé ne diffère de celui précédemment décrit que par l'usage de deux étages haute fréquence, le premier équipé avec une pentode, le deuxième avec une lampe à pente variable, chaque étage étant blindé avec soin et tous les circuits découplés par capacités et résistances. Tel quel, cet appareil nous permet la réception des images de Londres sur une antenne intérieure de 1^m, tout en conservant une marge de sensibilité suffisante pour corriger la plupart des affaiblissements.

Sur antenne de 30^m, il permet, en plein jour, une réception, assez mauvaise, d'ailleurs, des émissions de vision de la station des P. T. T., station qui, en téléphonie, se reçoit fort mal dans la région, même de nuit.

La substitution de ce récepteur au précédent, qui nécessitait une antenne de 30^m pour obtenir une réception correcte des images de Londres, a amené une diminution très sensible du nombre des images multiples, dont la production semble ainsi, au moins en partie, liée aux dimensions de l'aérien utilisé. La réalité de cette diminution du nombre des images anormales a été vérifiée en effectuant deux réceptions simultanées sur deux appareils équipés, l'un avec une antenne de 1^m, l'autre avec une antenne de 30^m.

---

(1) Séance du 16 juillet 1934.
(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 231.

A ce récepteur est associé un système intégrateur composé d'une cellule de Kerr éclairée par une lampe de 50 watts, et d'une roue de Weiller à 30 miroirs. La vitesse de cette dernière est contrôlée par deux roues phoniques, l'une à 30 dents alimentée par l'oscillateur local dont la fréquence est stabilisée par l'émission, l'autre à 8 dents qui peut être mise hors service ou être utilisée lorsque le récepteur et l'émetteur se trouvent sur des réseaux interconnectés. A ce système a été adjoint un dispositif photographique. L'image convenablement réduite par une lentille auxiliaire est formée sur la plaque sensible. La fente d'un obturateur de plaque, guidé par une rampe hélicoïdale, accompagne dans son mouvement transversal le spot lumineux, permettant ainsi la prise de vue sur un seul tour de roue, donc sur une seule image.



Fig. 1. — Spécimen d'image double. Photographie d'une personne transmise par Londres, sur 261m,50 le 31 juillet 1933. Les stries sont dues à l'interférence avec le poste de Francfort.

Fig. 2. — Photographie d'une personne transmise par Londres le 26 juin 1934 sur 261m,60.

Fig. 3. — Photographie d'une personne transmise en juin 1934 sur 41m,50, par notre station de Poitiers.

Les émissions de Londres sur 261m,50 devenant irrégulières, nous avons été amenés à nous rendre indépendants en effectuant nous-mêmes l'émission. L'appareil qui fonctionne actuellement au Laboratoire de Physique

de la Faculté des Sciences se compose en haute fréquence d'un émetteur sur 41^m,50 piloté par quartz, en basse fréquence de deux amplificateurs de cellule, montés en parallèle, suivis d'un amplificateur à deux étages qui attaque une triode de puissance modulant l'émetteur par la plaque.

L'exploration du sujet est effectuée par la méthode du spot volant, au moyen d'une roue à miroirs identique à celle utilisée à la réception. La vitesse de rotation de la roue est contrôlée par un petit moteur synchrone accroché sur la fréquence du secteur. La lumière diffusée par les différents points du sujet est reçue sur deux systèmes de lentilles qui la concentrent sur les plaques actives des cellules.

Cette émission reçue à faible distance sur le récepteur préalablement adapté à la réception des ondes de 40^m nous a fourni des résultats comparables à ceux de Londres. Les deux photographies ci-contre (*fig.* 2 et 3) permettent de s'en rendre compte.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence magnétique des mélanges. Cas d'un mélange présentant un point critique.* Note (1) de MM. **Antoine Goldet** et **Arcadius Piekara**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons étudié l'influence de la dilution sur la variation thermique de la biréfringence magnétique du nitrobenzène, en employant successivement comme diluants le tétrachlorure de carbone, dont la biréfringence est nulle, et l'hexane, pour lequel elle est quelques millièmes de celle du nitrobenzène.

Nous avons employé le montage thermostatique déjà décrit par l'un de nous (2). Les expériences ont porté sur quatre mélanges avec l'hexane et trois avec CCl^4, les titres τ (poids de nitrobenzène dans 100^g de mélange) ont été choisis de manière que l'on puisse comparer deux à deux des mélanges où le nitrobenzène occupait sensiblement la même fraction δ du volume total. Le mélange nitrobenzène-hexane de titre $\tau = 51,2$ pour 100 présente un point critique de miscibilité à $15°,5$ environ, nous avons multiplié les mesures au voisinage de ce point critique, elles sont rendues difficiles par suite de la forte proportion de lumière diffusée, mais la lumière

(1) Séance du 16 juillet 1934.

(2) A. Goldet, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 72.

transmise ne paraît pas dépolarisée (les extinctions des plages restent toujours bonnes).

Toutes les mesures ont été faites avec la raie jaune du mercure $\lambda = 578^{m\mu}$ et dans les mêmes conditions de champ magnétique et de longueur de tube. Les valeurs des angles β mesurant la biréfringence à 20° et leurs variations relatives $\alpha = (\beta_{15^\circ} - \beta_{25^\circ})/10 \times \beta_{20^\circ}$ à la même température sont rassemblés dans le tableau ci-dessous; nous avons noté à la dernière ligne les valeurs de β pour le nitrobenzène pur dans les mêmes conditions et les coefficients α correspondants déjà publiés; enfin la dernière colonne contient les valeurs qu'on trouverait pour β si les mélanges étudiés suivaient la loi théorique :

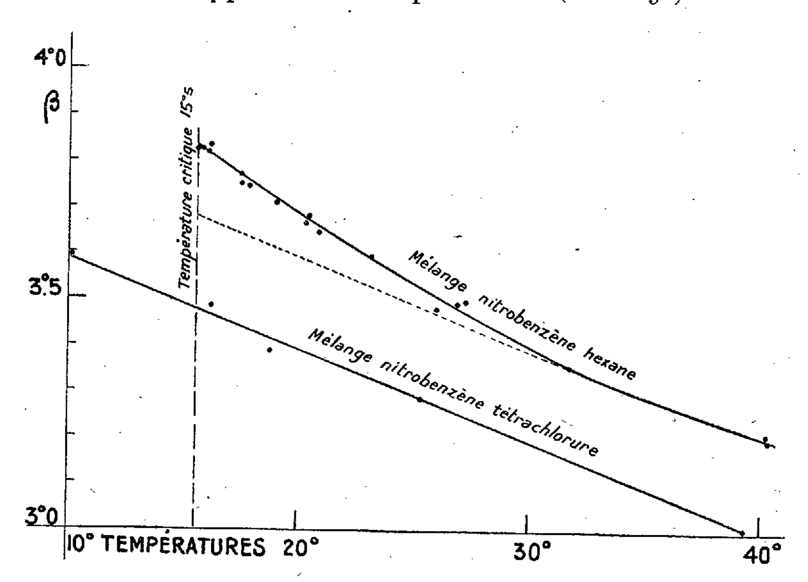
	Nitrobenzène-tétrachlorure.			Nitrobenzène-hexane.			
δ.	τ.	β_{20°.	α.	τ.	β_{20°.	α.	β_{20° théorique.
5,8...	–	–	–	10	0,39	0,006	0,84
15,5...	12,17	1,24	$0,005_7$	24,71	1,25	$0,006_2$	2,24
37,1...	30,84	3,38	0,006	51,2	3,68	$0,008_5$	5,36
61,4...	54,61	6,68	$0,006_6$	73,64	6,97	$0,007_1$	8,88
100.....	100	14,45	$0,006_9$	100	14,45	$0,006_9$	14,45

Mélanges avec CCl^4. — On voit que, pour les mélanges avec CCl^4, les coefficients α diminuent lorsque la dilution augmente et il a déjà été montré que le coefficient α relatif au nitrobenzène pur est plus grand que celui calculé d'après la théorie de Langevin.

Admettons que la grande biréfringence du nitrobenzène pur est due à la présence dans ce liquide d'associations moléculaires; la dilution dissocierait une partie de ces agrégats et une élévation de température ferait de même. Dans cette hypothèse les écarts observés pour les valeurs des β et des coefficients α pourraient s'expliquer de deux façons : ou bien ces agrégats s'orientent mieux que les molécules parce qu'ils sont plus gros que ces dernières, ou bien chacun d'eux considéré isolément est plus anisotrope que les molécules isolées.

Mélanges avec l'hexane. — Les deux mélanges avec l'hexane les plus dilués donnent des résultats conformes aux précédents, mais pour les deux autres mélanges, le voisinage du point de miscibilité critique modifie le phénomène. Les courbes ci-après permettent de comparer la variation de β avec la température pour le mélange critique nitrobenzène-hexane et le mélange avec CCl^4 correspondant. On voit sur la courbe du mélange critique en partant de 40° et en allant vers la température critique que les variations de β se font d'abord sensiblement comme pour le mélange

avec CCl^4, puis à partir de 25° environ la courbe se relève beaucoup plus et cela avant même l'apparition de l'opalescence (18 à 19°).



Ces faits s'expliquent également dans l'hypothèse faite plus haut, en considérant les fluctuations en concentration comme un facteur possible d'augmentation des associations moléculaires.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le potentiel électrolytique du nickel.*
Note (1) de M. L. **Colombier**, présentée par M. G. Urbain.

La détermination du potentiel électrolytique du nickel a fait l'objet de nombreux travaux sans que l'on ait pu aboutir à une valeur certaine. Des chiffres variables ont été obtenus, allant de — 0,138 à — 0,621 et ceci s'explique très bien si l'on remarque que le nickel est extrêmement sensible aux actions extérieures et, en particulier, se passive, avec la plus grande facilité. D'un autre côté, il n'est pas douteux qu'en présence d'hydrogène, le potentiel ne soit déplacé dans le sens négatif. Parmi les plus récentes, les déterminations de E. P. Schoch (2) ou de Smits et Lobry de Bruyn (3)

(1) Séance du 9 juillet 1934.
(2) *Amer. Chem. Jour.*, 41, 1909, p. 208.
(3) *Proc. Acad. Sc. Amsterdam*, 20, 1918, p. 394.

qui aboutirent à des valeurs concordantes ($e = -0,198$ dans une solution normale de sulfate de nickel) ont peut-être été faussées par l'emploi d'un métal ayant séjourné à l'air et que l'action de l'électrolyte a pu ne pas ramener à son état normal. De la même manière, la valeur trouvée par Haring et Van den Bosche (¹) ($e = -0,231$: potentiel normal) peut être influencée dans l'autre sens par l'origine du métal, qui, préparé électrolytyquement avec une haute densité de courant, risque de présenter des phénomènes de suractivation, comme cela a été montré pour le fer par A. Travers et J. Aubert (²).

Nous nous sommes proposé de reprendre ces mesures en éliminant toutes les influences antérieures ou actuelles, susceptibles d'agir sur le potentiel. Des métaux de trois origines furent utilisés :

A. Nickel massif : petits cubes découpés dans une plaque du commerce, polis et dégraissés ;

B. Nickel électrolytique pulvérulent préparé à haute densité de courant ;

C. Nickel réduit par l'hydrogène.

L'électrolyte était une solution normale de sulfate de nickel pur, bouillie dans le vide pour éliminer les gaz dissous. On opérait dans des électrodes spéciales, en prenant toutes précautions pour éviter le contact de l'air. Les potentiels, mesurés par rapport à l'électrode au calomel, étaient ensuite calculés avec l'électrode normale à hydrogène comme zéro.

Une première série de mesures, faites sans traitement préalable du métal, a confirmé ce que nous avons dit de l'action de l'oxygène et de l'hydrogène, et montré l'impossibilité d'obtenir de cette manière le potentiel vrai du nickel.

Le métal a été alors recuit pendant 1 heure à 500° dans le vide d'une trompe à vapeur de mercure ; ce traitement se faisait directement dans le vase d'électrode, qui était ensuite rempli d'électrolyte en *évitant tout contact du métal avec l'air.*

Le but visé, élimination des gaz fixés à la surface, est partiellement atteint : le recuit dans le vide fait disparaître la suractivation provoquée par l'hydrogène, mais la destruction de la passivation due à l'oxygène n'est pas toujours complète.

L'effet du vide se révélant insuffisant, nous avons fait précéder ce traitement par l'action d'un courant d'hydrogène pendant 2 heures à 500° :

(¹) *Journ. Phys. Chem.*, **33**, 1929, p. 161.

(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 161.

l'oxygène retenu à la surface du métal doit être déplacé, tandis que l'effet ultérieur du vide, à la même température, élimine l'hydrogène adsorbé pendant la réduction. Nous devons ainsi avoir une surface exempte de tous gaz et pouvoir obtenir le potentiel vrai du métal.

Les résultats sont en effet parfaitement concordants quelle que soit l'origine du métal et aussi bien sur mercure qu'avec fixation par du platine.

Nature du métal.	Contact assuré par :	Valeur initiale.	Valeur. d'équilibre.
Massif........................	platine	—0,15	—0,225
»	mercure	—0,16	—0,225
Électrolytique................	platine	—0,175	—0,23
»	mercure	—0,20	—0,225
Réduit........................	platine	—0,09	—0,225
»	mercure	—0,175	—0,23

Nous retrouvons le chiffre de —0,225 à —0,23 que nous avions obtenu avec les simples recuits dans le vide.

Nous pouvons ainsi admettre cette valeur comme potentiel vrai du nickel. Les résultats donnés ci-dessus sont arrondis au demi-centivolt le plus proche : en fait, de l'ensemble de ces mesures, on peut retenir la valeur

$$E_h = -0,227 \pm 0,002 \text{ volt à } 20^\circ,$$

comme potentiel électrolytique du nickel dans une solution normale de son sulfate; l'exactitude de cette valeur paraît assurée par la concordance des nombres trouvés pour des métaux d'origines et d'états physiques très divers.

PHOTOMÉTRIE. — *Sur les modes de représentation graphique de la répartition du flux émis par une source lumineuse.* Note de M. **Antoine Marsat**, présentée par M. Jean Rey.

Les sources lumineuses ne rayonnent pas de même façon dans toutes les directions. Lorsque la répartition des intensités est la même dans tous les plans passant par l'axe de la source, la courbe polaire des intensités donne une idée immédiate de la distribution du flux lumineux dans l'espace, et il est facile, en partant de cette courbe polaire, de tracer une courbe qui limite une aire proportionnelle au flux.

Les faisceaux des projecteurs et des optiques de phares ayant une faible

ouverture, quelques degrés, il est commode de substituer à la courbe polaire un tracé en coordonnées rectilignes dont les abscisses représentent les angles mesurés à partir de l'axe du faisceau et dont les ordonnées sont proportionnelles aux intensités lumineuses. L'aire limitée par l'axe des abscisses et la courbe des intensités est proportionnelle au flux si l'on porte en abscisses les carrés des valeurs des angles et non ces valeurs elles-mêmes.

La figure 1 représente la courbe des intensités en fonction des angles

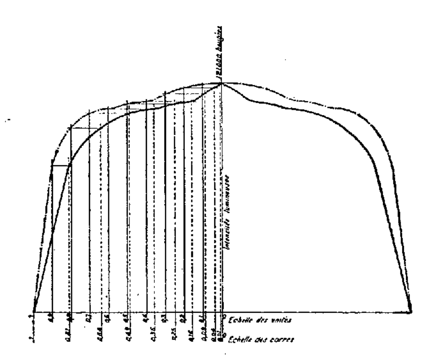


Fig. 1.

dans le plan horizontal, pour le phare du Cap de Fer [1]. Le tracé en traits mixtes reproduit celui qui figure dans l'ouvrage de M. Jean Rey [2]. En supposant que le faisceau est rond, le flux est proportionnel au volume engendré par la rotation de la courbe autour de son axe de symétrie. Le tracé en trait plein est obtenu en portant en abscisses les carrés des valeurs des angles, et la surface plane qu'il délimite est proportionnelle au flux.

Dans la majorité des cas, on ne peut représenter la répartition du flux qu'en traçant, sur une sphère concentrique à la source, les lignes d'égal éclairement ou isolux. On a déjà indiqué des modes de projection de ces courbes isolux sur une surface plane qui facilitent le calcul du flux; sur l'épure (*fig.* 2) tracée d'après la méthode indiquée par un Américain, Bendford, la surface limitée par la projection d'une ligne isolux est égale à la surface de la sphère comprise à l'intérieur de l'isolux.

En appliquant un théorème connu : la surface d'un segment sphérique est égale à l'aire du cercle qui a pour rayon la corde menée du pôle du

---

(1) Ribière, *Phares et signaux maritimes*, p. 177.

(2) *Nouveau système de phares à réflecteurs métalliques*, p. 67.

segment à sa circonférence, on obtient la figure 3, où la surface limitée par la projection d'une ligne isolux est encore égale à la surface de la sphère comprise à l'intérieur de l'isolux.

En comparant les figures 2 et 3 à la figure 4, qui est la projection ortho-

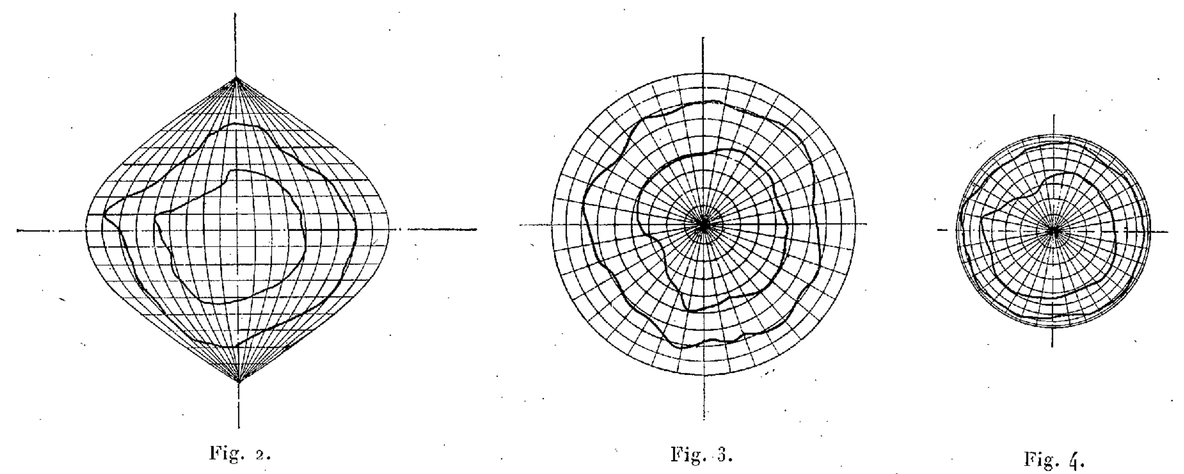


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

gonale de la demi-sphère et des deux isolux ayant servi à l'établissement des figures 2 et 3, on constate de suite que la figure 3 a conservé la forme circulaire de la figure 4, tandis que la figure 2 l'a complètement perdue.

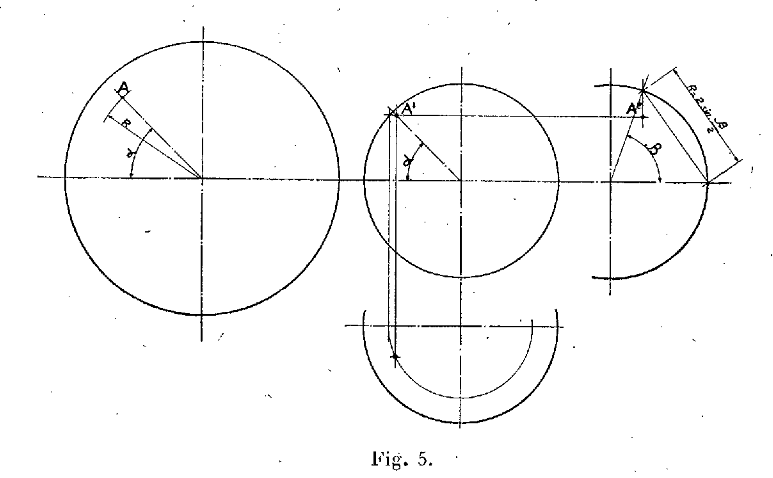


Fig. 5.

La figure 5 montre la construction géométrique qui permet de construire un point de la figure 3 en partant du point correspondant de la figure 4.

La détermination des lignes isolux se fera le plus souvent sur l'épure : les directions où l'on a effectué des mesures photométriques étant définies par les angles α et β, on tracera pour chacune le point déterminé par l'angle α et le vecteur $2 \sin \beta/2$ et l'on marquera à côté du point l'intensité mesurée.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Activité optique et solubilité de quelques cobaltammines*. Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, transmise par M. A. Cotton.

J'ai examiné la dispersion du pouvoir rotatoire et du dichroïsme circulaire de complexes de triéthylènediamine et de trioxalate ([1]). J'ai montré que les composés qui donnent avec des acides ou des bases actifs les sels les moins solubles possèdent un effet Cotton de même signe dans les bandes d'absorption correspondantes, et que le classement de ces complexes fait, soit d'après la solubilité comme le propose Werner, soit d'après l'activité optique, conduit au même résultat. On étend ici cette étude aux composés du type $[Co(en)^2AA']Cl$, où (en) représente 1^{mol} d'éthylènediamine, A et A' deux radicaux électronégatifs monovalents différents ou identiques, et du type $[Co(en)^2B]Cl$, où B est un radical électronégatif bivalent. Les formes *cis* de ces composés ont été dédoublées par Werner.

$[Co(en)^2Cl^2]Cl + 1H^2O$; *d*-bromocamphosulfonate (*d*-b. c. s.) le moins soluble; $c = 1,1.10^{-2}$; $[M]_c = -670°$.

$\lambda^{m\mu}$...	670.	632.	607.	578.	546.	525.	500.	475.	436.
$[\Delta]$......	-100	-850	-1100	-460	$+1850$	$+2000$	$+1140$	$+265$	$+300$
$\log k$.....	-	1,49	1,61	1,74	1,88	1,88	1,735	1,25	-

$[Co(en)^2Cl(SCN)]Cl$; *d*-b. c. s. le moins soluble; $c = 0,83.10^{-2}$; $[M]_c = -283°$.

$\lambda^{m\mu}$.....	680.	640.	600.	578.	546.	515.	502.	484.	467.
$[\Delta]$......	0	-80	-650	-920	-450	$+805$	$+1130$	$+885$	$+640$
$\log k$.....	-	1,20	1,60	1,80	2,03	2,13	2,16	2,12	2,00

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1598. Les conclusions de cette étude sont également valables pour le composé $[Cr(en)^3]I^3 + 1H^2O$ dont le sel de nitrocamphre le moins soluble possède, contrairement aux résultats de M. Jaeger, un fort effet Cotton positif dans la bande dont le maximum est situé à $465^{m\mu}$. $[\Delta]_{460} = +5360°$; $[M]_{492} = +2180°$; $[M]_{436} = -3100°$.

L'analyse de la courbe d'absorption de ces deux composés montre que la bande principale est accompagnée vers les grandes longueurs d'onde d'une bande d'intensité beaucoup plus faible dont le maximum est situé à $610^{m\mu}$ pour $[Co(en)^2Cl^2]Cl$ et à $580^{m\mu}$ pour $[Co(en)^2Cl(SCN)]Cl$, et qui possède une anisotropie de signe opposé à celui de la bande principale.

$[Co(en)^2Cl(NO^2)]Cl$; *d*-b. c. s. le moins soluble; $c = 1,2.10^{-2}$; $[M]_D = +320°$.

λmμ	640.	600.	578.	546.	520.	500.	480.	460.	436.
[Δ]	0	+60	+270	+820	+650	+300	+230	+300	+390
log *k*	–	1,1	1,28	1,70	1,86	1,90	1,86	1,85	1,65

$[Co(en)^2(SCN)(NO^2)]Cl$ dérivé du précédent par action de SCNK;
$c = 0,54.10^{-2}$; $[M]_D = +90°$.

λmμ	605.	589.	578.	546.	520.	510.	504.
[Δ]	0	+50	+100	+410	+810	+1030	+1100
log *k*	–	–	0,6	1,30	1,85	2,02	2,10

$[Co(en)^2(NO^2)^2]Cl$; *d*-b. c. s. le moins soluble; $c = 1,01.10^{-2}$; $[M]_D = +127°$.

λmμ	578.	546.	515.	500.	480.	470.	460.	436.
[Δ]	–	+40	+350	+900	+1700	+2800	+3000	+900
log *k*	0,47	0,65	1,11	1,39	1,78	1,92	2,05	2,13

$[Co(en)^2(CO^3)]Cl$ dérivé de $[Co(en)^2Cl^2]Cl$ par action de CO^3K^2;
$c = 0,55.10^{-2}$; $[M]_D = +1450°$.

λmμ	610.	578.	546.	525.	515.	500.	480.	460.	436.
[Δ]	0	+750	+2700	+3300	+2950	+1750	+525	0	−600
log *k*	–	1,28	1,78	1,94	1,97	1,94	1,81	1,50	–

$[Co(en)^2(C^2O^4)]Cl$ dérivé de $[Co(en)^2Cl^2]Cl$ par action de $C^2O^4Am^2$;
$c = 0,54.10^{-2}$; $[M]_D = +1960°$.

λmμ	630.	578.	546.	535.	525.	515.	506.	482.	436.
[Δ]	0	+900	+3300	+5300	+5800	+5900	+5050	+1950	+300
log *k*	–	0,89	1,50	1,68	1,80	1,90	1,92	1,89	1,30

L'activité optique de ces composés vient de ce que le groupement $Co(en)^2$ peut se présenter sous deux formes non superposables; la grandeur et le sens de cette activité ne dépendent pas de la position des radicaux A et A' (1), mais bien de leur nature. Dès lors on peut chercher à reconnaître les dérivés diversement substitués d'une même forme énantiomorphe. Werner a montré que c'est toujours la même de ces formes qui donne

(1) M. Delépine et R. Charonnat, *Bull. Soc. fr. Minéralogie*, 53, 1930, p. 73.

les *d*-b.c.s. les moins solubles; d'autre part, les substitutions de A et A' par d'autres radicaux moins électronégatifs se font aisément et ne modifient pas, d'après Werner, la configuration de la forme active initiale. Ces relations de solubilité et de substitution sont notées dans les tableaux précédents en même temps que les rotations moléculaires pour les radiations étudiées par Werner. On voit que ces seules observations justifiaient la conclusion tirée par cet auteur ([1]) sur l'absence de relation entre la configuration et le signe du pouvoir rotatoire. Mais si l'on étudie l'activité optique dans un domaine spectral étendu et que l'on cherche l'influence qu'exerce sur elle l'absorption, on voit que la bande de grande longueur d'onde (ou la partie principale de cette bande) possède une anisotropie positive pour tous les *d*-b.c.s. peu solubles ou pour leurs dérivés de substitution. L'étude détaillée de l'activité optique dans cette série conduit donc à rejeter la conclusion de Werner; elle donne dans la détermination des configurations le même résultat que la règle de solubilité; elle révèle au cours des substitutions une conservation du type et peut être utilisée comme principe de classification.

RAYONS X. — *Raies faibles de la série* K *des éléments du chrome au cuivre. Raies de fluorescence de quelques composés de ces éléments.* Note de M. **Privault**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai cherché, à l'aide d'un spectrographe du type établi par Mlle Cauchois ([2]), utilisant par transmission un cristal de mica courbé sur un rayon de 20^{cm}, à étudier les raies faibles de la série K du chrome au cuivre.

Dans cette région du spectre (1400 à 2000 U. X.), le mica absorbe une forte proportion du rayonnement incident, et donne, par fluorescence et diffusion, un fond continu assez considérable. De plus, le mica possède un pouvoir séparateur assez faible (environ moitié de celui de la calcite), qu'un spectrographe de cette dimension utilise totalement.

Les courbes microphotométriques, en plus des raies K, β', β_1, β'', β_5, β''' ([3]), visibles sous forme de renflements bien marqués, montrent avec netteté trois raies assez faibles (d'intensité environ moitié de celle de β'' ou de β'''), que je désignerai ici par les lettres *a*, *b*, *c*.

([1]) *Bull. Soc. chimique*, **11**, 1912, p. 21.
([2]) Mlle Y. Cauchois, *J. de Phys.*, **3**, 1932, p. 320.
([3]) Notations de Siegbahn.

La raie *a* possède une longueur d'onde plus longue que celle de β_1 d'environ une douzaine d'angströms.

La raie *b*, plus longue que β_1 d'environ 7 Å, est habituellement noyée dans le doublet $\beta'\beta_1$.

La raie *c* est située entre β'' et β_5.

	Cr.	Mn.	Fe.	Co.	Ni.	Cu.
a.........	2092,8	1918,0	1765,6	1629,9 (?)	?	1399 (?)
b.........	o	–	1760,4	1624,4 (?)	1503,0 (?)	1394 (?)
c.........	2070	–	1744,0	1609,3	1487,6	–

Le signe o indique une raie nettement visible, mais dont la longueur d'onde ne peut être déterminée.

Le signe ? indique une raie douteuse.

Dans une autre série d'expériences, j'ai cherché à utiliser le même spectrographe, pour l'étude des raies émises par fluorescence par quelques composés de ces mêmes métaux. Ces composés ont été déjà étudiés par M. Yoshida (¹) à l'aide d'un spectrographe à vide de Siegbahn.

Ces expériences ont été conduites rapidement, faute de temps. Je n'ai pu, notamment, obtenir qu'un cliché du bichromate de potasse, de sorte que je ne puis indiquer les résultats obtenus qu'avec une certaine réserve.

Le tube employé est un tube Beaudouin, muni d'une cathode analogue à celle utilisée par Coster et Druyvestyn (²). Les corps fluorescents étaient de gros cristaux taillés dans la masse, quelquefois de provenance naturelle :

Hématite Fe^2O^3 : La raie β' est nettement séparée, et déplacée vers les grandes longueurs d'onde : $\lambda = 1755,6$. β_5 n'éprouve aucun déplacement, mais semble doublée par une raie β'_5 ($\lambda = 1747,5$) d'intensité moitié.

MnO^2 : La raie β_5 est dédoublée en deux raies β_5 ($\lambda = 1892,6$) et β'_5 ($\lambda = 1896,5$);

$Cr^2O^7K^2$: La raie β_5 est dédoublée en deux raies : β_5 non déplacée et β'_5 ($\lambda = 2071,3$).

De plus, les raies β', β'', β''' semblent dédoublées en raies dont les longueurs d'onde sont respectivement :

β'............................	$\lambda = 2086,2$ et $2088,4$
β''............................	$\lambda = 2075,9$ et $2073,8$
β'''............................	$\lambda = 2062,7$ et 2060

(¹) *Tokio Sc. Pap.*, **20**, 1931-1932, p. 298-318.

(²) *Zeits. f. Phys.*, **40**, 1927, p. 765.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Spectres X du sulfate manganeux et de ses hydrates.* Note de M. F. **Hammel**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons montré [1] que, contrairement à ce qui avait été annoncé par Krepelka et Rejha [2], les propriétés des solutions de sulfate manganeux ne dépendent ni du mode de préparation ni de l'hydratation du sel employé.

Ceci n'exclut pas l'existence, à l'état solide, de différentes formes d'un même hydrate du sulfate manganeux; on sait que de Forcrand [3] a admis, à la suite de mesures de chaleurs de dissolution, qu'il existait des isomères en particulier pour le monohydrate.

Nous avons fait les spectres de poudre (méthode Debye-Scherrer) de cinq échantillons de monohydrate préparés de façons différentes.

Le tableau ci-dessous donne en Å les valeurs de $d/s = \lambda/2\sin\theta$; on voit qu'elles sont pratiquement identiques. Il n'apparaît rien dans les spectres qui justifie une différence de structure entre les cinq échantillons :

I.	II.	III.	IV.	V.
4,854	4,834	4,854	4,854	4,854
3,450	3,450	3,460	3,460	3,450
3,088	3,10	3,10	3,10	3,088
2,551	2,557	2,568	2,568	2,551
2,079	2,086	2,09	2,089	2,082
1,291	1,291	1,291	1,291	1,292

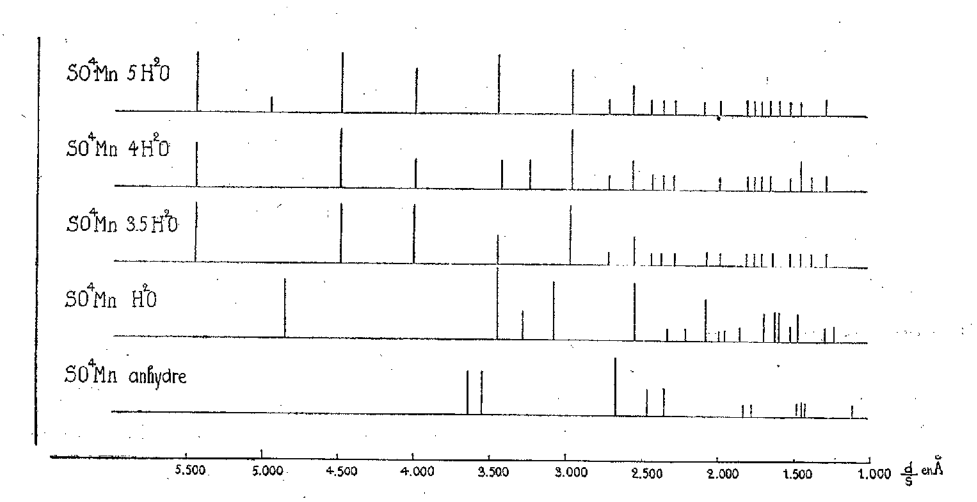
I. SO^4MnH^2O par hydratation du sel anhydre dans l'atmosphère du laboratoire
II. » par efflorescence du sel à $3^{mol},5$ d'eau.
III. » par efflorescence du sel à 4^{mol} d'eau.
IV. » par efflorescence du sel à 5^{mol} d'eau.
V. » par cristallisation en solution bouillante.

Les spectres ne diffèrent que par la finesse des raies, les intensités relatives restent les mêmes. Le produit V provenant de la cristallisation d'une solution bouillante donne les raies les plus fines, donc les grains cristallins les plus gros. Au contraire les produits II, III, et IV, obtenus par efflorescence, sont les plus finement cristallisés.

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 684.
(2) *Collec. trav. chim. Tchécoslovaquie*, 3, 1931, p. 523.
(3) R. de Forcrand, *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1760, et **159**, 1914, p. 12.

La figure ci-dessous donne une idée des valeurs de d/s pour le sulfate manganeux anhydre et pour les hydrates à 1, à 3,5 à 4 et à 5 molécules d'eau.



On voit immédiatement que les hydrates à 5, à 4 et à 3,5 H^2O ont des spectres sensiblement identiques; les traits essentiels de la structure doivent donc être les mêmes, malgré les différences de composition. Les spectres diffèrent seulement par l'intensité des raies; les intensités ont été évaluées de 1 à 5 et traduites sur la figure par des longueurs proportionnelles.

Le sulfate anhydre et le monohydrate ont des spectres très différents et différant de celui des hydrates plus riches; ils ont donc des structures différentes.

L'hydrate à 3 1/2 molécules d'eau est nouveau. Il a cristallisé spontanément vers 40° dans une solution sursaturée par rapport au tétrahydrate. Il se présente sous forme de cristaux prismatiques allongés nettement différents des cristaux à 4 et à 5 molécules d'eau, qui sont bien connus. Le nouvel hydrate ne s'effleurit pas à 25° dans l'air saturé de vapeur d'eau à 15°, tandis que dans les mêmes conditions le tétrahydrate et le pentahydrate s'effleurissent en donnant directement du monohydrate.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le débit de chaleur du rayonnement γ du radium.* Note (¹) de M. I. **Zlotowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Jusqu'à présent les déterminations de l'effet thermique du rayonnement γ du radium (en équilibre avec ses descendants jusqu'au RaC inclus) se basaient presque exclusivement soit sur les études du spectre de rayons γ (²), soit sur les mesures d'ionisation (³). Dans le travail de C. D. Ellis et W. A. Wooster (⁴) qui ont élaboré une méthode calorimétrique ingénieuse pour les mesures d'énergie des rayons γ du Ra (B + C), les calculs définitifs de la valeur recherchée s'appuient sur les données concernant les coefficients d'absorption du rayonnement γ, déterminés également par la méthode d'ionisation.

On a pourtant essayé à plusieurs reprises d'effectuer des mesures directes de l'énergie de rayons γ, c'est-à-dire de déterminer par la voie calorimétrique la quantité de chaleur qui se dégage par l'absorption de ce rayonnement dans la masse métallique, constituant le calorimètre proprement dit. Ces essais n'ont pas abouti à des résultats satisfaisants en raison de la sensibilité insuffisante des calorimètres utilisés, étant donné surtout, qu'en général, on détermine l'effet thermique des rayons γ (qui ne constitue qu'environ 7 pour 100 de la quantité totale de chaleur dégagée) en soustrayant les valeurs, déjà bien connues actuellement, des énergies des rayons α et β de l'effet total mesuré.

Dans le présent travail nous avons appliqué aux mesures de débit de chaleur du radium le microcalorimètre adiabatique de W. Swietoslawski et A. Dorabialska (⁵), adapté spécialement selon l'idée de W. Swietoslawski aux recherches sur l'absorption des rayons γ. La méthode de mesures ainsi que la description de l'appareil utilisé seront données dans une publication ultérieure. Nous nous bornerons, pour le moment, à signaler que le micro-

(¹) Séance du 16 juillet 1934.

(²) L. Meitner, *Naturwiss.*, **12**, 1924, p. 1146; J. Thibaud, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1165.

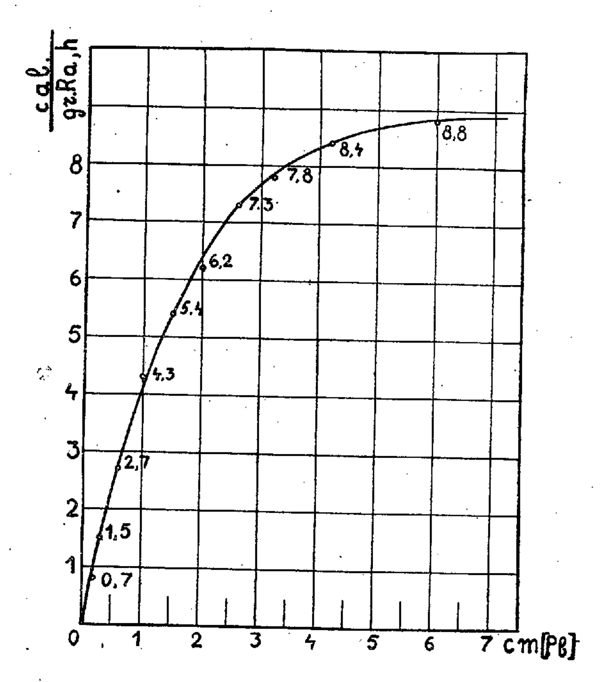
(³) A. S. Eve, *Phil. Mag.*, 27, 1914, p. 394; G. H. J. Moseley et H. Robinson, *Phil. Mag.*, **28**, 1914, p. 329; R. W. Gray, voir Sir E. Rutherford, J. Chadwick et C. D. Ellis, *Radiations from radioactive substances*, p. 498 (Cambridge, 1930).

(⁴) *Phil. Mag.*, 50, 1925, p. 521.

(⁵) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 763; W. Swietoslawski, *Ann. de Chim.*, **16**, 1931, p. 251.

calorimètre proprement dit se composait de sphères en plomb, au centre desquelles se trouvait l'ampoule avec la source radioactive. Dans ces conditions la masse métallique du calorimètre joue un rôle d'un écran absorbant les rayons émis par la source.

Nous avons exécuté les mesures pour une série de sphères pareilles, dont l'épaisseur des parois variait de 0,2 jusqu'à 6^{cm}. Toutes les sphères furent examinées pendant plusieurs jours pour s'assurer de l'absence d'un débit de chaleur dû au plomb lui-même. Dans nos recherches, nous nous



sommes servis de quelques sources du radium (préalablement très strictement étalonnées et comparées entre elles) en les choisissant pour chaque épaisseur du plomb de telle sorte que l'élévation moyenne de la température fut comprise dans les limites de 0,060 à 0,300° C. par heure. Dans ces circonstances l'erreur moyenne de chaque série de mesures ne dépassait jamais 0,2 à 0,3 pour 100; par conséquent nous avions la possibilité de déterminer l'effet du rayonnement γ avec une précision de 3 à 5 pour 100. L'âge de toutes les sources radioactives utilisées dans nos expériences étant bien connu, il était possible de calculer les corrections correspondant à la teneur en Po et en RaE dans les ampoules de radium. Pour les effets thermiques des rayonnements α (avec l'énergie de recul) et β du radium en

équilibre avec ses produits de désintégration de courte durée, nous avons admis les valeurs respectives : 124,4 et 6,3 cal/g. Ra, h. [1]. En soustrayant de l'effet thermique total déterminé expérimentalement la somme de ces deux valeurs ainsi que le débit de chaleur dû au Po et au Ra E accumulés dans les ampoules, nous avons calculé l'effet des rayons γ. D'après les chiffres obtenus de cette manière, nous avons tracé la courbe d'absorption dans le plomb des rayons γ. Cette courbe (voir figure) montre nettement que l'effet thermique du rayonnement γ tend vers une limite égale à $8,9 \pm 0,3$ cal/g.Ra, h. pour une épaisseur d'environ 7^{cm} de plomb. Il est à noter que Ellis et Wooster (*loc. cit.*) ont évalué l'effet calorifique des rayons γ du Ra (B + C) à 8,6 cal/g.Ra, h. et que d'après les plus récents calculs de Gray (*loc. cit.*), basés exclusivement sur les mesures d'ionisation, cet effet serait égal à 9,4 cal/g.Ra, h.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur les limites d'inflammabilité de quelques vapeurs combustibles pures ou en mélange.* Note de MM. **Marius Briand**, **Paul Dumanois** et **Paul Laffitte**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Pour compléter les résultats [2] de nos mesures sur la variation des limites d'inflammabilité en fonction de la température pour quelques vapeurs combustibles, et afin de pouvoir étudier ensuite les mélanges de vapeurs, nous avons procédé à quelques autres mesures relatives à des corps purs dans l'air. Les résultats en sont rapportés dans le premier paragraphe de la présente Note. Dans le second, nous avons résumé les mesures relatives à quelques mélanges binaires et ternaires, mesures entreprises dans le but de vérifier si la formule d'additivité, donnée par M. Le Chatelier [3] pour les limites d'inflammabilité des mélanges à la température ordinaire (et vérifiée maintes fois dans ce cas), était encore applicable à des températures plus élevées.

I. Les limites d'inflammabilité (inférieure L_i, supérieure L_s) de l'isopentane de synthèse (t. éb. : 27°,7-27°,9 sous 755^{mm}; $d_4^0 = 0,6395$) et de l'acétone (t. éb. : 55°,8-56°,0; $d_4^{16} = 0,7965$) sont les suivantes :

---

(1) D'après Sir E. Rutherford, J. Chadwick et C. D. Ellis, *Radiations from radioactive substances*, p. 161 (Cambridge, 1930).

(2) *Comptes rendus*, **195**, 1933, p. 203.

(3) *Ann. Min.*, **19**, 1891, p. 388.

t° C.	Isopentane		Acétone	
	L_i.	L_s.	L_i.	L_s.
100	1,43	4,85	2,78	8,70
150	1,32	4,95	2,61	8,95
200	1,20	5,05	2,50	9,35
250	1,10	5,25	2,33	9,75
275	»	5,40	»	»

Les limites inférieures du méthanol (t. éb. : 64°,4-64°,7 sous 758^{mm}; d_4^{20} = 0,7920), de l'éthanol (d_8^{20} = 0,7898) et du butanol (t. éb. : 97°,0-97°,3 sous 755^{mm}; d_4^{17} = 0,8065) sont les suivantes :

t° C.	Métanol.	Éthanol.	Butanol.
100	6,85	3,55	2,45
150	6,15	3,15	2,20
200	5,80	3,00	2,05
225	»	2,90	»
250	5,45	2,75	1,75

Des mesures avaient déjà été faites sur le méthanol et l'éthanol par Yannaquis ([1]). Mais il était nécessaire de les reprendre dans les mêmes conditions que celles qui devaient nous servir dans nos mesures sur les mélanges. D'ailleurs, d'après la comparaison des résultats, il semble qu'à partir de 200°, les mesures de Yannaquis aient été, tout au moins pour l'éthanol, affectées par l'oxydation lente. Ce phénomène ne s'est produit dans aucune de nos déterminations; toutes les valeurs précédentes varient d'une manière linéaire avec la température.

II. Les tableaux suivants donnent les valeurs de la limite inférieure d'inflammabilité ([2]) dans l'air d'un certain nombre de mélanges. L_m désigne la valeur mesurée et L_c la valeur calculée d'après la formule d'additivité de M. Le Chatelier.

Mélanges benzène-éthanol.

t° C.	Benzène........ 50$^{cm^3}$ Éthanol........ 20$^{cm^3}$		Benzène........ 20$^{cm^3}$ Éthanol........ 50$^{cm^3}$	
	L_m.	L_c.	L_m.	L_c.
100	1,70	1,78	2,80	2,64
150	1,60	1,63	2,50	2,39
200	1,50	1,55	2,30	2,28
250	1,35	1,45	2,00	2,12

([1]) *Ann. Com. Liq.*, 2, 1929, p. 203.

([2]) Pourcentage volumétrique de vapeurs combustibles dans le mélange vapeurs-air.

Mélanges éthanol-cyclohexane.

	Cyclohexane... 50cm³, Éthanol....... 100cm³		Cyclohexane... 100cm³, Éthanol....... 50cm³	
t° C.	L_m.	L_c.	L_m.	L_c.
100	2,55	2,47	1,80	1,70
150	2,30	2,25	1,60	1,59
200	2,20	2,12	1,50	1,47
250	2,05	1,93	1,35	1,38

Mélanges cyclohexane-benzène.

	Cyclohexane... 20cm³, Benzène....... 50cm³		Cyclohexane... 50cm³, Benzène....... 50cm³	
t° C.	L_m.	L_c.	L_m.	L_c.
100	1,33	1,33	1,23	1,26
150	1,21	1,23	1,16	1,18
200	1,12	1,16	1,11	1,10
250	1,05	1,10	1,06	1,04

Mélanges ternaires.

	Éthanol....... 20cm³, Benzène....... 50cm³, Cyclohexane... 50cm³		Méthanol..... 50cm³, Éthanol....... 50cm³, Benzène....... 50cm³	
t° C.	L_m.	L_c.	L_m.	L_c.
100	1,50	1,51	3,40	3,09
150	1,45	1,40	3,10	2,81
200	1,35	1,31	2,75	2,67
250	1,20	1,23	2,45	2,49

On voit que l'accord entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées par la formule d'additivité de M. Le Chatelier est assez bon, surtout pour les mélanges binaires pour lesquels la différence entre ces deux valeurs n'atteint jamais 7 pour 100 et est généralement de 2 ou 3 pour 100. Enfin la variation des limites en fonction de la température est linéaire pour les mélanges aussi bien que pour les corps purs, et le domaine d'inflammabilité s'accroît lorsqu'on élève la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pression osmotique des corps polymérisés*. Note [1] de Mme **Alma Dobry**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'intérêt des mesures de pression osmotique pour l'étude des corps de poids moléculaire très élevé a déjà été signalé depuis longtemps. Ces mesures donnent théoriquement la voie la plus directe pour la détermination de la grandeur moléculaire de tels composés. En pratique, l'interprétation des nombres obtenus rencontre deux difficultés. D'abord, les pressions osmotiques ne sont presque jamais proportionnelles aux concentrations : elles croissent plus vite, et très souvent à peu près comme le carré de la concentration. Le poids moléculaire osmotique, ou apparent, n'est donc pas le poids moléculaire véritable puisqu'il est d'autant plus grand que la concentration est plus petite ; s'il y a une limite au-dessous de laquelle il devient constant, cette limite jusqu'à présent n'a pas été atteinte.

En second lieu, lorsqu'on a fait des mesures de pression osmotique sur des solutions du même corps dans différents solvants, on a trouvé que, à concentration égale, la pression dépendait du solvant. Cette anomalie, jointe à la précédente, semblait interdire toute détermination du poids moléculaire réel par la voie osmotique.

J'ai repris ces mesures sur la nitrocellulose, qui a l'avantage d'être soluble dans un grand nombre de solvants organiqnes. Grâce à une technique qui sera décrite en une autre publication [2], je suis arrivée à mesurer avec une précision suffisante des pressions osmotiques très faibles pouvant descendre jusqu'à $1^{mm},5$ d'eau. Pour ces pressions très faibles les lois de variation de la pression deviennent très simples.

1° Les lignes qui représentent la variation de P/c (P, pression osmotique; c, concentration) en fonction de c sont ou bien des lignes droites, comme Buchner et Steutel l'ont déjà montré dans le cas des solutions acétoniques, ou bien pour d'autres solvants des courbes de grand rayon qu'on peut extrapoler jusqu'à une valeur nulle de c, à condition d'avoir poussé les mesures jusqu'à une concentration de 0,05 pour 100. On peut donc définir la valeur limite de P/c pour des solutions infiniment diluées. Toutes les théories sont d'accord pour dire que, dans ces solutions, la micelle se

---

(1) Séance du 16 juillet 1934.
(2) *Journal de Chimie physique*, 1934.

comporte comme une unité physique exerçant la même pression osmotique qu'une molécule ordinaire de non-électrolyte.

2° Les valeurs limites de P/c ainsi obtenues sont indépendantes du solvant (acétone, méthanol, acide acétique, nitrobenzène, salicylate de méthyle, benzoate d'éthyle, cyclohexanone). Il n'y a par suite aucun doute que la valeur commune de ce rapport, portée dans l'équation d'état des gaz, donne le *véritable poids moléculaire* de la nitrocellulose. Sa valeur est 110000 pour le produit que j'ai étudié. C'est la première mesure indiscutable du poids moléculaire vrai d'une substance colloïdale.

Les anomalies de pression osmotique que présentent les divers corps de poids moléculaire très élevé étant les mêmes pour tous, le résultat obtenu pour la nitrocellulose peut sans doute être généralisé. Il est possible d'atteindre, par des mesures de pression, le poids moléculaire vrai, à condition d'opérer à des dilutions assez grandes. La concentration de 1 pour 100, qui pour les cristalloïdes conduit à un résultat assez approché, comme le montre le succès de la cryoscopie, est beaucoup trop forte pour les colloïdes. Dans l'acétone, par exemple, le poids moléculaire apparent de la nitrocellulose, à 1 pour 100, n'est que 43 pour 100 du poids vrai.

La conclusion à tirer de ces résultats et de ceux acquis par l'étude de la viscosité, c'est que les corps de très haut poids moléculaire ne prennent, en solution, un état comparable à l'état gazeux parfait et conduisant à des relations simples que pour des concentrations moléculaires de l'ordre de 10^{-5} ou encore moins, alors que les composés chimiques ordinaires sont déjà très près de cet état pour des concentrations moléculaires 1000 ou 10000 fois plus fortes. Cette différence a déjà été signalée par Staudinger, pour des raisons d'un tout autre ordre. Elle constitue une des plus grandes difficultés dans l'étude des colloïdes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques réactions du chlorure de chrome divalent.* Note de M. **Marcel Chatelet**, présentée par M. G. Urbain.

1. *Action de la pyridine.* — Le chlorure chromeux anhydre obtenu par réduction de $CrCl^3$ par H^2 aux environs de 700° présente une certaine solubilité dans la pyridine anhydre. On obtient une solution vert foncé et les cristaux non dissous sont eux-mêmes colorés en vert. Pour assurer l'attaque complète des cristaux non dissous on traite $CrCl^2$ par la pyridine bouillante. Naturellement, l'opération se fait dans un courant d'azote pur

et sec. On obtient ainsi un produit vert clair suffisamment stable pour que, sans précautions spéciales, on puisse le filtrer à la trompe et le sécher à l'éther. Sa composition correspond à la formule $CrCl^2 2Py$. Abandonné à l'air, il présente des traces d'oxydation au bout de quelques heures.

2. *Action du gaz ammoniac.* — Le $CrCl^2$ anhydre fixe avec énergie le gaz ammoniac. Sous la pression atmosphérique, à la température de 20°, cette fixation ne correspond pas à un rapport simple entre le nombre des molécules des deux composants. Éphraïm et Zapata [1], étudiant ce système par une méthode particulière de décomposition thermique mise au point par l'un d'eux, annoncent l'existence de plusieurs ammoniacates définis, ainsi que de solutions solides « ammoniacates ammoniac ». A 20°, sous la pression atmosphérique, ils obtiennent 5,86 NH^3 pour 1 $CrCl^2$. Dans les mêmes conditions, je n'ai pas dépassé 5,48. Cette différence est attribuable au fait que j'effectue la réduction à une température plus élevée de 200° que ces auteurs.

D'autre part, j'ai étudié l'absorption d'ammoniac à 20° en fonction de la pression d'ammoniac, en faisant circuler sur le chlorure en expérience un mélange d'ammoniac et d'azote en proportion variable. J'ai ainsi constaté que lorsque la pression varie de zéro à la pression atmosphérique, le nombre de molécules de NH^3 fixées par molécules de $CrCl^2$ varie d'une façon continue entre 3 et 5,48. Autrement dit, on retrouve ainsi le composé à trois molécules d'ammoniac, mais non pas celui à cinq signalé par les auteurs ci-dessus. D'ailleurs, ces résultats ne sont valables qu'avec du chlorure fraîchement saturé d'ammoniac. En effet, à la température de 22° le $CrCl^2$ saturé de NH^3 et maintenu dans une atmosphère de ce gaz sous 76^{cm} de mercure est le siège d'une lente transformation. La couleur passe du vert pâle au rose violacé. Au bout de 20 jours la transformation semble complète; le corps obtenu correspond à la formule $CrCl^2, 5NH^3$ et sa composition ne varie pas quand la pression d'ammoniac passe de 83 à 11^{cm} de mercure.

En résumé, il est possible de préparer deux ammoniacates de $CrCl^2$:

a. $CrCl^2 3NH^3$ en saturant le chlorure avec NH^3 et en faisant passer un courant de gaz inerte jusqu'à ce qu'il ne parte plus de NH^3;

b. $CrCl^2 5NH^3$ en maintenant en présence pendant une vingtaine de jours du $CrCl^2$ et de l'ammoniac à la pression atmosphérique.

---

(1) ÉPHRAÏM et ZAPATA, *Hel. Ch. Act.*, 17, fasc. II, 1934, p. 287.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Sur les spectres Raman des métallo-chloroformes en relation avec leur structure.* Note [1] de MM. **Henri Volkringer, Arakel Tchakirian** et Mme **Marie Freymann**, présentée par M. G. Urbain.

Les homologues du chloroforme ont déjà été isolés pour certains éléments appartenant à la famille du carbone. Pour le silicium et le germanium les corps ont pu être obtenus à l'état anhydre. Pour l'étain, R. Engel [2], en 1899, a réussi à isoler l'hydrate $SnCl^3H, 3H^2O$.

Nous avons pensé, par l'effet Raman, obtenir des renseignements sur les structures de ces divers composés. Dans ce but nous avons étudié le spectre Raman du germanochloroforme et de l'acide stannochlorhydrique en solutions aqueuses et chlorhydriques.

Les solutions étaient éclairées par un arc à mercure. La lumière diffuse était concentrée sur la fente d'un spectrographe dont l'objectif de chambre possède une distance focale de 50^{cm} et une ouverture de $f/4,5$. La largeur de la fente était de $5/100^e$ de millimètre et les temps de pose de l'ordre de 10 à 15 heures.

Nous avons opéré avec une solution de germanochloroforme contenant $0^g,5$ Cl^2Ge au centimètre cube, obtenue en traitant l'hydrate germaneux [3] par ClH concentré.

L'excès d'eau et le tétrachlorure de germanium dû à l'oxydation de chlorure germaneux ont été éliminés par distillation entre 100 et 102° [4].

L'acide stannochlorhydrique a été obtenu directement en dissolvant 20^g de chlorure stauneux anhydre dans 10^{cm^3} d'acide HCl concentré, et en saturant la solution par de l'acide HCl gazeux, ce qui rend l'hydrolyse négligeable.

Le spectre Raman du germanochloroforme se compose de quatre raies assez larges et diffuses. Les deux raies qui correspondent aux différences de fréquences les plus élevées sont surtout dans ce cas.

La détermination des fréquences a été faite en mesurant sur plusieurs

---

(1) Séance du 16 juillet 1934.

(2) *Ann. de Chim. Phys.*, 6e série, **17**, 1899, p. 558.

(3) J. Bardet et A. Tchakirian, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 637.

(4) A. Tchakirian, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1026.

clichés les longueurs d'onde des raies Raman par interpolation entre deux raies voisines du fer.

Des mesures ont également été faites à l'aide d'enregistrements microphotométriques. Les résultats sont les suivants :

$$n_1 = 131, \quad n_2 = 162, \quad n_3 = 251, \quad n_4 = 315.$$

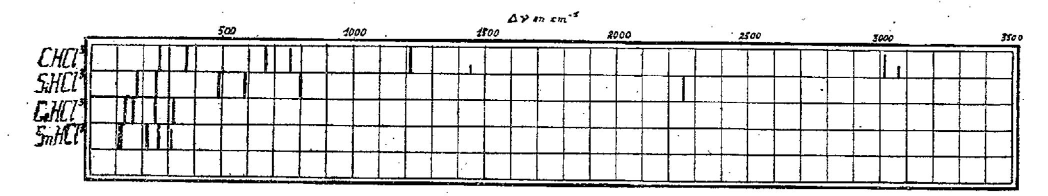
L'acide stannochlorhydrique fournit un spectre analogue. Il se compose d'une raie très large, de deux raies diffuses et d'une raie fine peu intense qui n'apparaît que sur les clichés fortement posés :

$n_1 = 112$ (très large et diffuse), $n_2 = 218$ (diffuse), $n_3 = 265$ (diffuse),
$n_4 = 312$ (fine et faible).

En plus de ces raies on observe un fond continu qui se termine à la raie n_3.

Les analogies chimiques qui existent entre le germanochloroforme et le chloroforme nous ont incité à comparer entre eux les spectres Raman du chloroforme, du silicichloroforme, du germanochloroforme et de l'acide stannochlorhydrique.

Ces divers spectres ont été représentés sur la figure ci-dessous.



Les spectres permettent de mettre en évidence les analogies de structure des quatre composés envisagés. Les correspondances entre les raies de ces divers spectres sont manifestes, la fréquence Raman variant en sens inverse du poids atomique de l'élément considéré. Ceci suppose que l'on assimile à un doublet la raie très large (environ 10 A°) $n_1 = 112$ de l'acide stannochlorhydrique.

Il importe de remarquer toutefois que nous n'avons pas trouvé pour le germanochloroforme la raie très fine et très faible correspondant à la raie $n_4 = 312$ de l'acide stannochlorhydrique, ce qui peut être dû au fait que la concentration de la solution de germanochloroforme était nettement inférieure à celle de la solution d'acide stannochlorhydrique.

Nous n'avons pas d'autre part trouvé ni pour le germanochloroforme, ni pour l'acide stannochlorhydrique la raie correspondant à la raie 3018 du chloroforme et à la raie 2258 du silicichloroforme.

Ces raies sont attribuées à la liaison de l'hydrogène avec le reste de la molécule. Les résultats précités peuvent s'expliquer en admettant que dans les cas du chloroforme et du silicichloroforme l'hydrogène n'existe pas à l'état ionisé tandis qu'il y aurait ionisation dans le cas du germanochloroforme et de l'acide stannochlorhydrique.

Ces déductions sont recoupées d'un point de vue chimique par l'expérience. L'un de nous [1] a montré, en effet, que le germanium présente une électrodivalence positive dans le germanochloroforme. Ce dernier peut donc être considéré comme un complexe de chlorure germaneux et d'acide chlorhydrique, d'où la formule coordinative $[Ge^{+''}Cl^3]H_+$.

Une formule semblable est encore valable pour l'acide stannochlorhydrique. Ainsi le germanochloroforme devrait plutôt porter le nom d'acide germanochlorhydrique.

Dans le cas du chloroforme, les résultats obtenus dans cette étude justifient la formule coordinatrice ou $\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\!\!>C-Cl-H$ proposée par M. G. Urbain [2] dans laquelle l'hydrogène est lié et cette formule devrait être étendue également au silicichloroforme.

EFFET RAMAN ET CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres de quelques composés acétyléniques de la série cyclanique*. Note de Mlle **Blanche Gredy**, transmise par M. Delépine.

J'ai montré précédemment [3] que, dans un composé acétylénique bisubstitué, la présence d'un groupement ramifié tel que $-CH\!<\!\begin{matrix}OH\\CH^3\end{matrix}$ ou $-CH\!<\!\begin{matrix}OCH^3\\CH^3\end{matrix}$ à côté du carbone triplement lié, modifie beaucoup l'aspect du spectre dans la région 2200-2300 cm^{-1}. En particulier la raie 2233 (F) des carbures $R-C\equiv C-R'$ (R et R' différents de CH^3) est déplacée de 15 unités vers la droite pour les alcools, 5 à 6 unités pour les éthers-oxydes; et la raie moyenne 2293, déplacée également, est considérablement affaiblie dans les deux cas.

J'ai montré d'autre part que les carbures acétyléniques de formule

(1) A. Tchakirian, *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 846.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 53-54, 1933, p. 637.
(3) Gredy, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 89 et 2254.

$R-C\equiv C-CH^3$ (R : radical acyclique différent de CH^3) sont caractérisés par 4 raies fortes de fréquence 378, 1380, 2235 et 2303 cm^{-1} (¹).

On pouvait se demander quelle serait l'influence d'un groupement cyclanique placé au voisinage de la triple liaison dans un acétylénique vrai ou méthyl substitué. J'ai préparé, pour cette étude, les différents corps suivants :

Cyclopentylacétylène.............	$C^5H^9-C\equiv C-H$
Cyclohexylacétylène..............	$C^6H^{11}-C\equiv C-CH$
Cyclopentyl-1-propyne-1..........	$C^5H^9-C\equiv C-CH^3$
Cyclohexyl-1-propyne-1...........	$C^6H^{11}-C\equiv C-CH^3$
Cyclohexyl-1-butyne-2............	$C^6H^{11}-CH^2-C\equiv C-CH^3$
Cyclohexyl-1-butyne-1-ol-2........	$C^6H^{11}-C\equiv C-CHOH-CH^3$

Voici leurs spectres :

Cyclopentylacétylène. — 168 (b. m.), 290 (f. l.), 489 (f), 512 (tf), 628 (af. tl.), 860 (f), 893 (m), 1011 (af), 1072 (af), 1160 (af), 1295 (m. l.), 1342 (m), 1448 (aF), **2116** (TF), 2873 (F), 2928 (aF. l.), 2964 ± 7 (F).

Cyclohexylacétylène. — 127 (m), 159 (TF), 258 (aF), 356 (m), 430 (af), 494 (af), 537 (af), 633 ± 7 (b. f. l.), 780 (F), 824 (f), 842 (m), 945 (f), 1031 (F), 1048 (m), 1075 (f), 1138 (m), 1182 (f), 1235 (f), 1266 (F), 1300 (m), 1323 (f), 1447 (F), **2118** (F), 2858 (TF), 2897 (f. fl.), 2940 (TF).

Cyclopentyl-1-propine-1. — 114 (b. l. m.), 170 (tf), 289 (m), 322 (m), 433 (m), 490 (af), 506 (af), 887 (aF), 952 (tf), 1030 (m), 1071 (af), 1100 (f), 1153 (f), 1291 (f. l.), 1343 (m), **1381** (F), 1448 (F), **2239** (TF), **2284** (tf), **2320** (tf), 2872 (m), 2921 (F), 2963 (aF).

Cyclohexyl-1-propyne-1. — 100 (b. l. F), 160 (af. Fl.), 257 (f), 285 (m), 309 (m), 340 (af), 386 (m), 428 (af), 487 (m), 506 (af), 732 (tf), 756 (m), 807 (m), 820 (f), 884 (tf), 995 (f), 1020 (m), 1048 (af), 1073 (f), 1132 (f), 1157 (f), 1182 (f), 1237 (f), 1265 (F), 1299 (m), 1324 (m), **1380** (aF), 1447 (F), **2239** (TF), **2259** (f), **2316** (f), 2856 (TF), 2918 (l. F.), 2942 (F).

Cyclohexyl-1-butyne-2. — 298 (f), **376** (F), 491 (tf), 567 (tf), 780 (m), 790 (f), 847 (f), 1032 (aF), 1054 (m), 1070 (tf), 1080 (af), 1129 (ttf), 1146 (ttf), 1175 (f), 1252 (af), 1281 (f), 1350 (f), **1380** (F), 1444 (TF), **2235** (F), **2303** (m), 2856 (F), 2921 (TF).

Cyclohehyl-4-butyne-3-ol-2. — 165 (f), 620 (f), 799 (m), 2237 (F). (Spectre évidemment incomplet.)

Conclusions. — 1° Lorsqu'il s'agit d'un acétylénique vrai, les radicaux cyclaniques, au voisinage immédiat de la triple liaison, ne modifient pas sensiblement l'aspect du spectre et l'on retrouve la raie forte habituelle

(¹) GREDY, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1119, et **197**, 1933, p. 327.

à 2118^{cm-1} pour le cyclohexylacétylène, à 2116^{cm-1} pour le cyclopentylacétylène. (Il semble y avoir un léger abaissement dans ce cas, tous les acétyléniques vrais étudiés jusqu'ici ayant leur raie à 2118-2119^{cm-1}.)

2° Dans le cas des carbures $R - C \equiv C - CH^3$, si le radical R comporte un noyau cyclanique séparé de la triple liaison par un CH^2 l'aspect du spectre n'est pas différent de celui qu'on observe en série grasse et le spectre du cyclohexyl-1-butyne-2 présente les quatre raies fortes caractéristiques 376, 1380, 2235 et 2303^{cm-1}.

3° Au contraire, si le noyau est au voisinage immédiat d'un carbone triplement lié, l'aspect du spectre est très changé. La 2235^{cm-1} passe à 2239^{cm-1}, la raie moyenne 2303 disparaît, et l'on observe deux raies très faibles situées de part et d'autre de la position de la raie initiale 2303. Enfin, si la raie 1380 subsiste, la raie forte 376 n'apparaît pas nettement sur les clichés.

On peut donc dire que seules les raies 1380 et 2235 (légèrement déplacées) se conservent dans ce cas.

4° Pour l'alcool j'en ai obtenu une très petite quantité (4^g environ) et je n'ai pas réussi à le sécher complètement. Aussi les clichés présentent-ils un fond continu des plus intense (dû à l'eau) et l'on distingue mal les différentes raies du spectre. J'ai pu en pointer seulement quelques-unes. Les raies faibles (de la région acétylénique) n'apparaissent pas, sans doute à cause de la fluorescence; mais la raie forte se trouve à 2237^{cm-1}. Cet alcool se rapproche donc plutôt des carbures ci-dessus étudiés que des alcools secondaires de la série grasse.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'influence de l'acidité libre sur le dosage des aldéhydes et cétones par le chlorhydrate d'hydroxylamine.* Note de M. **Léon Palfray** et Mlle **Suzanne Tallard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis que A. Brochet et R. Cambier [1] ont montré, en 1895, qu'on peut doser l'aldéhyde formique au moyen de l'hydroxylamine, une multitude de variantes ont été proposées pour l'application de ce réactif au dosage des groupements carbonylés non seulement dans les individus chimiques, mais encore et surtout dans les mélanges complexes : huiles essentielles,

[1] *Comptes rendus*, **120**, 1895, p. 449; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **13**, 1895, p. 401.

parfums synthétiques, liquides physiologiques (acétone de l'urine, etc.). Méthode et variantes sont fondées essentiellement sur la réaction

$$R(R')-CO+H^2NOH,ClH \rightarrow R(R')-C=NOH+H^2O+ClH$$
(R' pouvant être H)

Toute l'opération se ramène donc à un titrage, par KOH N/2, de l'acidité libérée. Les modifications proposées concernent le temps de contact, le pH du milieu, la température où la réaction doit s'effectuer. Mais il y a un point qui ne ressort pas clairement des travaux publiés jusqu'ici, c'est de savoir si l'on doit tenir compte ou non de l'acidité organique initiale, due soit à des acides préexistants, soit à l'oxydation spontanée des aldéhydes. On a exprimé là-dessus des opinions divergentes. On a d'ailleurs utilisé des indicateurs de pH différent : l'hélianthine et le bleu de bromophénol. On pourrait sans doute déduire *a priori*, de la constante de dissociations k, l'influence possible d'un acide libre donné sur l'indicateur choisi. Il nous a paru utile de déterminer *expérimentalement* cette influence. Pour cela, nous adressant à des acides organiques variés, forts ou faibles, présents ou non dans les huiles essentielles, nous les avons titrés systématiquement, dans des conditions identiques, sauf l'indicateur qui était respectivement soit l'hélianthine, soit le bleu de bromophénol. La quantité de KOH N/2 indiquée dans le tableau est celle qui a déterminé le virage pour 1^g d'acide. La comparaison est encore rendue plus nette en inscrivant, à côté, le nombre qui s'en déduit pour 1^{mol} d'acide.

L'examen du tableau ci-après montre que, à part quelques exceptions, le dosage du carbonyle par $NH^2OH.ClH$ est *faussé* par la présence d'acides libres, mais moins en présence du bleu de bromophénol qu'en présence du méthylorange. En outre, les acides capables de se trouver dans les huiles essentielles ou les parfums synthétiques (acides acétique, anisique, phénylacétique, cinnamique, citronnellique, etc.) sont précisément ceux qui agissent le moins sur le bleu de bromophénol. Par conséquent, quand on aura à doser les composants carbonylés de ces substances en présence du bleu de bromophénol, on pourra, à la rigueur, négliger l'acidité libre, mais il sera tout de même plus sûr de la contrôler par un essai préalable et d'en tenir compte s'il y a lieu.

k^{25}.	Acide.	Nombre de cm³ de KOH N/2 — au bleu de bromophénol — pour 1g.	pour M.	au méthylorange — pour 1g.	pour M.
2,14 .10^{-4}...	Formique	1,75	80,50	5,20	239,2
0,1856 » ...	Acétique	0,10	6,0	0,70	42
15,5 » ...	Monochloracétique	0,50	47,25	8,0	756
? ...	Trichloracétique	15,15	2477	13,65	2231,77
0,134 » ...	Propionique	0,15	11,10	0,70	51,8
? ...	Citronnellique	0	0	0,15	25,5
(k_1) 380 » ...	Oxalique	29,70	2673	24,90	2241
(k_1) 0,171 » ... (k_2) 0,02 » ...	Malonique	1,20	124,8	7,75	806
(k_1) 0,665 » ... (k_2) 0,027 » ...	Succinique	0,50	59	1,0	118
(k_1) 0,371 » ... (k_2) 0,024 » ...	Adipique	0,40	58,4	0,35	51,1
1,5 » ...	Glycolique	0,40	30,4	3,9	296,4
1,38 » ...	Lactique	1,45	130,5	2,8	252
(k_1) 3,99 » ... (k_2) 0,055 » ...	Malique	1,35	180,9	1,9	254,6
(k_1) 9,7 » ... (k_2) 0,343 » ...	Tartrique	15,9	2385	15,6	2340
(k_1) 8,7 » ... (k_2^{100}) 0,032 » ... (k_3^{100}) 0,007 » ...	Citrique	0,95	182,4	4,4	844,8
0,68 » ...	Benzoïque	0	0	0,65	7,93
0,556 » ...	Phénylacétique	0	0	0,45	61,20
0,35 » ...	Cinnamique	0	0	0,60	88,2
(k_1) 12,1 » ... (k_2) 0,031 » ...	*o*-Phtalique	2,45	406,7	7,65	1270
10,2 » ...	Salicylique	1,0	138	6,70	924,6
0,32 » ...	Anisique	0	0	1,75	266

CHIMIE ORGANIQUE. — *Complexes de sels ferreux avec l'éthylènediamine ou la triméthylènediamine.* Note de M. **René-Émile Breuil**, présentée par M. Urbain.

De la même façon que nous avions préparé les complexes Cl^2Fe, en^3; Br^2Fe, en^3; I^2Fe, en^3 (1), nous avons obtenu, avec la triméthylènediamine

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 2009.

anhydre les complexes $Cl^2Fe\,tn^3$; $Br^2Fe\,tn^3$; $I^2Fe\,tn^3$ (tn = triméthylènediamine).

Analyses. — Cl^2Fetn^3 : Cl trouvé, 20,3 %; calculé, 20,3 %. Fe trouvé, 16,4 %; calculé, 16 %. tn trouvé, 63,7 %; calculé, 63,6 %.

Br^2Fetn^3 : Br trouvé, 36,5 %; calculé, 36,5 %. Fe trouvé, 12,9 %; calculé, 12,8 %. tn trouvé, 50,8 %; calculé, 50,7 %.

I^2Fetn^3 : I trouvé, 47,4 %; calculé, 47,7 %. Fe trouvé, 10,6 %; calculé, 10,5 %. tn trouvé, 41,8 %; calculé, 41,7 %.

Le complexe $SO^4Fe\,en^3$ a été préparé ainsi :

2g,5 de fer sont placés dans un ballon muni d'une soupape de Bunsen, avec 10^{cm^3} d'alcool méthylique absolu. On attaque le fer par 2^{cm^3} d'acide sulfurique à 100 pour 100 (D = 1,85) que l'on verse goutte à goutte, en refroidissant. Au bout de 10 heures, on filtre et l'on place cette solution dans l'appareil déjà décrit; puis, sous atmosphère d'hydrogène, on introduit, dans cette solution, 8g d'éthylènediamine anhydre. Le précipité blanc formé est lavé à l'alcool, puis séché longuement, selon le procédé habituel.

Analyse. — SO^4Feen^3 : SO^4 trouvé, 30,2 %; calculé, 29 %. en trouvé, 53,5 %; calculé, 54,2 %. Fe trouvé, 16,3 %; calculé, 16,8 %.

Ce même complexe peut être obtenu en remplaçant la pyridine par l'éthylènediamine dans le composé : SO^4Fe, 4Pyr. qui a été préparé par R. Weinland, K. Effinger et Valentine Beck (1).

Le complexe pyridique jaune introduit, avec un peu d'alcool absolu, dans l'appareil spécial à atmosphère d'hydrogène, se transforme, par addition d'éthylènediamine, en un complexe blanc qui est lavé, essoré, séché longuement et analysé.

Analyse. — SO^4 trouvé, 29,8 %; calculé, 29 %. en trouvé, 54 %; calculé, 54,2 %. Fe trouvé, 16,45 %; calculé, 16,8 %.

Par la même méthode de remplacement de la pyridine par l'éthylènediamine ou la triméthylènediamine, nous avons obtenu les complexes suivants :

$C^2O^4Fe\,en^3$, à partir de C^2O^4Fe, 2 Pyr.

Analyse. — C^2O^4 trouvé, 27,2 %; calculé, 27,15 %. en trouvé, 55,6 %; calculé, 55,6 %. Fe trouvé, 17,4 %; calculé, 17,3 %.

SO^4Fetn^2 à partir de SO^4Fe, 4 Pyr. Même avec un gros excès de tn, il n'a pas été possible d'obtenir SO^4Fetn^3.

Analyse. — SO^4 trouvé, 31,5 %; calculé, 32 %. tn trouvé, 49,3 %; calculé, 49,6 %. Fe trouvé, 18,55 %; calculé, 18,65 %.

---

(1) *Archiv der Pharmazie*, 265, 1927, p. 374.

$C^2O^4Fe\,tn.C^2O^4Fe\,tn^2$, à partir de C^2O^4Fe, 2 Pyr. Même en employant des quantités croissantes de tn, l'analyse de la poudre obtenue a toujours correspondu à la formule donnée.

Analyse. — C^2O^4 trouvé, 34,1 %; calculé, 34,5 %. tn trouvé, 43,5 %; calculé, 43,5 %. Fe trouvé, 23,2 %; calculé, 22 %.

Tous ces complexes sont des poudres blanc crême, très sensibles à l'humidité. Placés dans l'eau, ils sont immédiatement décomposés, avec précipité verdâtre d'hydroxyde de fer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des sulfures aromatiques.* Note de MM. **Cam. Lefèvre** et **Ch. Desgrez**, présentée par M. A. Desgrez.

Des combinaisons analogues aux bisulfures que nous avons décrits antérieurement ([1]) sont possibles avec des corps à deux noyaux benzéniques comme :

Dioxybenzophénone	$\underset{(1)}{HO} - C^6H^4 - \underset{(2)}{CO} - C^6H^4 - \underset{(1)}{OH}$
Trioxybenzophénone	$\begin{matrix}{}_{(1)}HO \\ {}_{(3)}HO\end{matrix}\!\!>\! C^6H^3 - \underset{(2)}{CO} - C^6H^4 - \underset{(1)}{OH}$
Dioxybenzosulfone	$\underset{(1)}{HO} - C^6H^4 - \underset{(2)}{SO^2} - C^6H^4 - \underset{(1)}{OH}$
Trioxybenzosulfone	$\begin{matrix}{}_{(1)}HO \\ {}_{(3)}HO\end{matrix}\!\!>\! C^6H^3 - \underset{(2)}{SO^2} - C^6H^4 - \underset{(1)}{OH}$
Oxyaminobenzosulfone	$\underset{(1)}{HO} - C^6H^4 - \underset{(3)}{SO^2} - C^6H^4 - \underset{(1)}{NH^2}$
Dioxyaminobenzosulfone	$\begin{matrix}{}_{(1)}HO \\ {}_{(3)}HO\end{matrix}\!\!>\! C^6H^3 - \underset{(3)}{SO^2} - C^6H^4 - \underset{(1)}{NH^2}$
Dioxyphénylamine	$\underset{(1)}{OH} - C^6H^4 - \underset{(2)}{NH} - C^6H^4 - \underset{(1)}{OH}$

Lorsque la molécule contient un noyau polyphénolique, telle que la trioxybenzophénone, et que l'on opère à une température comprise entre 100° et 120°, il y a formation d'un bisulfure dans lequel le groupement —S—S— réunit, en position para, deux atomes de carbone apparte-

([1]) Cam. Lefèvre et Ch. Desgrez, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1432 et 1791.

nant à deux noyaux polyphénoliques.

Mais ceci n'est qu'une exception. D'une façon générale, les bisulfures que l'on obtient constituent une molécule dans laquelle le groupement —S—S— réunit les deux noyaux aromatiques en se fixant sur chacun d'eux. en position para par rapport à un OH ou un NH^2. C'est ce qui se passe quand on élève rapidement la température au voisinage de 150°.

Les phtaléines du phénol et de la résorcine se comportent comme dans le

cas général. Avec la résorcine on a :

C^6H^4 CO (1) (2) C O — OH — OH — O—O → C^6H^4 CO (1) (2) C O — OH — OH — O—O — S—S

Caractères. — Les bisulfures, à deux noyaux benzéniques, se présentent sous forme de cristaux microscopiques, colorés en brun, insolubles dans l'eau et l'éther, solubles dans l'alcool et les solutions étendues de carbonate de sodium. Leurs solutions alcalines sont rouge violacé, avec une fluorescence plus ou moins marquée.

Nous n'avons pas obtenu de monosulfures, les produits employés s'altérant, à une température élevée, dans les conditions de nos expériences.

La réaction n'est possible qu'avec la diphénylamine qui, par chauffage direct avec le soufre, vers 250° ([1]), donne un monosulfure renfermant le noyau $= C\langle {}^{NH_{(1)}}_{S_{(4)}} \rangle C =$ de certaines matières colorantes ([2]).

La dioxy et la trioxybenzophénone utilisées pour étudier l'action du soufre sur les cétones-phénols ont été préparées suivant la méthode de Michaël, qui consiste à chauffer l'acide salicylique avec les phénols ([3]).

Nous nous sommes demandé si cette réaction ne pouvait pas être généralisée. En effet nous avons préparé, d'une manière à peu près identique, la dioxy et la trioxybenzosulfone, en employant l'acide *o*-oxybenzènesulfonique; l'oxyamino et la dioxyaminobenzosulfone en utilisant l'acide *m*-aminobenzènesulfonique. Les phénols employés étaient le phénol et la résorcine.

Ex. : $\underset{(1)}{HO}-C^6H^4-\underset{(2)}{SO^2}-OH+C^6H^5-OH = \underset{(1)}{HO}-C^6H^4-\underset{(2)}{SO^2}-C^6H^4-\underset{(1)}{OH}+H^2O.$

Ces dérivés sulfonés se présentent sous forme de cristaux microscopiques, colorés en brun, insolubles dans l'eau et fort peu solubles dans les solutions étendues de carbonate de sodium, solubles dans l'alcool et les lessives étendues. Ces corps ont les propriétés générales des sulfones, c'est-à-dire une grande stabilité vis-à-vis de certains réactifs. Cependant les alcalis en fusion dédoublent leur molécule en ses constituants initiaux.

---

(1) BERNTHSEN, *Bull. Soc. chim.*, 2e série, **46**, 1886, p. 405.
(2) GIRARD et DE LAIRE, *Soc. Chim.*, **17**, 1873, p. 99, et **20**, 1873, p. 481.
(3) MICHAËL, *Amer. Chem. J.*, 5, 1878, p. 83 et 89.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'éclairement de la haute atmosphère et les Tables crépusculaires de M. Jean Lugeon* (1). Note (2) de M. **F. Link**, présentée par M. Ch. Fabry.

Ces Tables comblent une lacune et facilitent toutes les recherches concernant l'éclairement de la haute atmosphère. On s'est arrêté à la solution géométrique du problème, négligeant l'influence de l'atmosphère, car, dans ce cas, il aurait fallu augmenter outre mesure l'étendue des Tables et introduire ainsi un élément variable, qui est la structure de l'atmosphère.

Dans cette Note, je me propose d'abord de montrer quelle est l'influence de l'atmosphère sur les données de ces Tables et je donnerai ensuite comme conséquence quelques résultats relatifs à la brillance du ciel au zénith pendant le crépuscule.

Soient U l'angle de dépression géocentrique du Soleil, h l'altitude du point de la verticale d'observation frappé par les rayons solaires, h_0 l'altitude minima de ces rayons et ω le double de la réfraction horizontale à l'altitude h_0. On a

$$h = a(1 - \cos U) + h_0 - a(\omega \sin U - c\rho_0), \qquad a = 6368 \text{ km},$$

où ρ_0 est la densité de l'air à l'altitude h_0 et c la constante de la loi connue

$$\mu = 1 + c\rho.$$

L'altitude des rayons rasant le sol sera, en kilomètres,

$$h^* = \mathrm{H} - \frac{c}{c_0}(133,4 \sin U - 1,81),$$
$$c_0 = 293.10^{-6}, \qquad \lambda_0 = 0^{\mu},54,$$

où $\mathrm{H} = a(1 - \cos U)$ est l'altitude donnée par les Tables de M. Lugeon.

Telle serait l'influence de la réfraction sur les données des Tables. En réalité, l'éclairement par les rayons rasant le sol est très faible en vertu de l'absorption atmosphérique. On trouve

$$E = \frac{10^{-AM}}{\Phi}, \qquad \Phi = 1 - (a + h)\frac{d\omega}{dh_0}\sin(U - \omega).$$

(1) J. Lugeon, *Tables crépusculaires*, Varsovie, 1934.
(2) Séance du 9 juillet 1934.

où M est la masse d'air traversée par les rayons, A le coefficient d'absorption et Φ l'affaiblissement par la réfraction. L'allure générale des courbes donnant E en fonction de h est de la forme du signe de $\int$. Les courbes sont différentes selon la longueur d'onde dont l'influence est grande. Il s'ensuit que, dans toutes les recherches concernant l'éclairement de l'ionosphère, il faut bien préciser la longueur d'onde efficace sinon la courbe de sensibilité spectrale du phénomène. Les Tables crépusculaires sont en somme un bon compromis, car si la réfraction diminue l'altitude des rayons, celle-ci est augmentée par l'effet de l'absorption, les rayons les plus bas ne comptant pas pratiquement à cause de leur faible intensité.

De l'éclairement, que nous venons de déterminer, résulte la brillance du ciel au zénith pendant le crépuscule. Celle-ci est en effet due en grande partie à la lumière diffusée par les parties directement éclairées de la verticale d'observation. On a, en négligeant la diffusion secondaire sur les parties de la verticale en ombre,

$$b = \mathrm{K}(\lambda, \mathrm{U}) \int_{h^*}^{\infty} \mathrm{E}\rho \, dh,$$

où la constante K dépend de la longueur d'onde λ et de l'angle U. Si l'on observe dans une direction faisant l'angle z avec la verticale d'observation, l'intégrale ne diffère que par la constante K tant que l'angle z reste inférieur à 75° environ.

Les mesures photométriques donnent en général la courbe $\log b = f(\mathrm{U})$, dont la pente k est proportionnelle à $(db/d\mathrm{U})/\mathrm{U}$. Notre formule donne

$$k = \frac{\frac{db}{d\mathrm{U}}}{\mathrm{U}} = \sin(\mathrm{U} - \omega) \frac{\int_{h^*}^{\infty} \frac{d\mathrm{E}}{dh} \rho \, dh}{\int_{h^*}^{\infty} \frac{d\mathrm{E}}{dh} \mathrm{M} \, dh},$$

où M est la masse d'air depuis l'altitude h suivant la verticale. Si dans l'intervalle d'intégration, qui est pratiquement de l'ordre de 30 à 40^{km}, la densité varie suivant la loi exponentielle

$$\rho = \rho^* e^{-\beta(h-h^*)},$$

on a simplement

$$k = \sin(\mathrm{U} - \omega)\beta.$$

La pente de la courbe est donc indépendante de la longueur d'onde et de la distance zénithale d'observation dans les limites indiquées. Ces deux

conséquences sont en accord avec les mesures ([1]) et montrent que pour les dépressions de 7° à 14° la diffusion primaire est prépondérante. Nous laisserons de côté toutes les discussions numériques qui seront traitées dans un autre Recueil.

SISMOLOGIE. — *Les tremblements de terre en France, de* 1930 *à* 1933. Note ([2]) de MM. **J. Lacoste** et **J.-P. Rothé**, transmise par M. Ch. Maurain.

Cette Note, concernant les séismes ressentis en France de 1930 à 1933, est relative à leur répartition géographique; elle fait suite aux Notes précédemment publiées constituant l'histoire des séismes en France ([3]).

Plaine d'Alsace et Vosges. — Deux séismes ayant leur épicentre dans le Jura Souabe sont ressentis en Alsace, surtout au voisinage de la faille vosgienne jouant en *relais*, le 7 octobre 1930 à 23^h27^m et le 21 février 1933 à 15^h45^m. Un troisième a son épicentre à Kandern (Bade) le 15 octobre 1930 à 22^h19^m et s'étend aux environs de Mulhouse (Haut-Rhin) et aux Vosges du Sud; enfin une quatrième secousse plus importante (degré VII) ayant son épicentre dans le fossé rhénan près de Rastatt, le 8 février 1933 à 7^h07^m, s'étend à l'Alsace et aux Vosges : les schistes et les grauwackes amortissent sa propagation, favorisée au contraire par les massifs granitiques des Vosges; la faille vosgienne cette fois ne paraît jouer aucun rôle.

Massif armoricain. — Le 9 janvier 1930 à 19^h40^m, faisant suite aux secousses du 3 janvier et du 30 octobre 1929, un violent séisme (degré VII) dont l'épicentre est en bordure du golfe de Morbihan, s'étend à l'ensemble des terrains primaires, de la Vendée au Cotentin; le 7 février 1932, à 3^h30^m, une secousse plus réduite affecte les environs de Pontivy. Les quatre séismes du 9 juillet 1930, à 22^h45^m, du 11 novembre 1930, à 18^h27^m, du 16 novembre 1930, à 15^h52^m, et du 12 avril 1933, à 14^h31^m, ont un épicentre commun entre Jersey et la côte du Cotentin. Leur extension toujours analogue est limitée à la côte ouest du Cotentin.

Le 26 août 1930, vers 4^h10^m, une faible secousse ébranle le massif granitique du Horps (Mayenne). Enfin, le 14 novembre 1932, vers 19^h, le

([1]) J. Dufay, *Thèse*, p. 58.

([2]) Séance du 16 juillet 1934.

([3]) Voir *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 336, et tomes précédents.

22 décembre 1932 vers 19^h, et le 6 juillet 1933 à 19^{h}27^m, trois séismes affectent les terrains primaires aux environs de Nantes.

Massif central et Poitou. — Les secousses sont fréquentes, mais toujours très localisées : Chinon, le 15 avril 1931 à 21^{h}5^m; marais poitevin, le 16 juin 1931 à 19^{h}30^m; Moncourant (Deux-Sèvres), le 20 septembre 1933 à 18^{h}50^m; Creuse, le 3 juillet 1933 à 22^{h}10^m; Urciers (Indre), le 6 juillet 1933 à 21^{h}20^m; Saint-Éloy-les-Mines (Puy-de-Dôme), le 3 août 1933 à 8^{h}33^m; Haute-Lozère et Gévaudan (Vallée du Bès), le 19 janvier 1933 à 21^h, et le 29 janvier 1933 à 20^{h}45^m.

Pyrénées : 20 secousses ont été notées au cours de ces quatre dernières années; les unes n'affectent que la bordure de terrains secondaires prépyrénéens entre Lourdes et Bagnères; les autres, au contraire, intéressent tout le massif du Pic du Midi et sa couverture. Souvent. dans les secousses successives, les zones ébranlées sont voisines les unes des autres, une rupture d'équilibre d'un bloc de l'écorce entraînant une reprise d'équilibre des blocs voisins. Les dates de ces secousses paraissent montrer comme pour les secousses antérieures un maximum de fréquence pendant la saison d'hiver. Toutes ont été inscrites à l'Observatoire de Bagnères :

12 février 1930 à 7^{h}29^m; 28 juin 1930 à 2^{h}13^m; 22 septembre 1930 à 5^{h}54^m; 26 septembre 1930 à 2^{h}27^m; 2 octobre 1930 à 8^{h}37^m; 4 octobre 1930 à 17^{h}8^m; 13 octobre 1930 à 18^{h}45^m (plus étendue, degré VI); 14 novembre 1930 à 2^{h}23^m; 4 avril 1931 à 21^{h}20^m; 15 avril 1931 à 17^{h}55^m; 14 novembre 1932 à 23^{h}5; 22 décembre 1932 à 14^{h}2^m; 4 janvier 1933 à 22^{h}43^m; 6 janvier 1933 à 6^{h}19^m; 5 février 1933 à 18^{h}9^m; 22 octobre 1933 à 5^{h}40^m, et 29 novembre 1933 à 14^{h}54^m.

Une secousse a été ressentie dans l'Ariège le 3 mai 1930 vers 17^h et plusieurs peu importantes aux environs de Saint-Paul-de-Fenouillet (Pyrénces-Orientales), les 23 et 24 décembre 1932.

Alpes et Provence : le 4 juillet 1930, à 21^{h}06^m une secousse importante suivie le 6 juillet d'une réplique, a son épicentre dans le massif de la Vanoise. A noter que les massifs hercyniens de Belledonne et du Pelvoux n'ont rien ressenti. Les autres secousses ont une faible extension :

Grande-Chartreuse, 11 septembre 1931 à 22^{h}30^m; environs de Briançon, le 19 janvier 1932 à 21^{h}30^m, Sisteron, le 13 mars 1933 à 16^{h}42^m; Ubaye, le Lauzet (Basses-Alpes), les 19, 21 et 23 septembre 1933; Vizille (Isère), le 7 novembre 1933 à 9^{h}48^m; enfin Grasse, 25 octobre 1933 à 2^{h}26^m.

Méditerranée : Le séisme du 1er mai 1932 à 2^{h}40^m qui a été ressenti sur toute la côte de Provence a son épicentre en Méditerranée; il a fait l'objet d'une Note spéciable [1].

---

(1) J. Lacoste, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 815.

Bassin Parisien et Nord : le 7 juin 1931 à $0^h 25^m$ un séisme ayant son épicentre dans la mer du Nord est faiblement ressenti dans la plaine de Flandre; sa propagation s'arrête à la ride de l'Artois. Une seule secousse a son épicentre dans le Bassin de Paris, à l'est d'Orléans, le 3 octobre 1933 à $7^h 54^m$.

Est du Bassin Parisien : néant

Bassin d'Aquitaine : néant.

Couloir rhodanien et Languedoc : néant.

La répartition géographique de ces différentes secousses, en concordance avec les grandes unités géologiques, fait ressortir *l'individualité des bassins sédimendaires, complètement exempts de secousses,* à l'exception du séisme d'Orléans signalé plus haut. Pour ce dernier il convient de remarquer que son foyer, qui se trouve à une profondeur de plusieurs kilomètres, est sensiblement sur l'axe de l'anomalie magnétique du Bassin de Paris. Ainsi ce séisme aurait son origine dans la ligne de rebroussement des plis hercyniens (¹) et devrait être rattaché, ainsi que les tremblements de terre du détroit du Poitou, aux autres secousses ayant affecté les massifs anciens.

BOTANIQUE. — *Sur le mode de formation de la membrane pecto-cellulosique.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Molliard.

On sait que la première forme sous laquelle apparaît la membrane des jeunes cellules chez les végétaux consiste en une mince lamelle de cytoplasme condensé auquel s'ajoutent ultérieurement des celluloses et des composés pectiques. J'ai montré, dans des publications précédentes, la persistance et même l'accroissement de cette partie protéique de la membrane, au moins pendant la période de croissance des cellules (²).

De nouvelles et nombreuses observations portant sur les cellules de l'embryon du Lupin et contrôlées sur différents matériaux me permettent aujourd'hui de décrire un mode d'apparition et d'accroissement de la cellulose qui me paraît devoir être considéré comme très général.

Si, après coloration par l'acide iodhydrique fumant iodé, on observe de

(¹) J.-P. Rothé, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1144.

(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1738, et *Société botanique de France*, **81**, 1934, p. 318.

face de jeunes membranes, on constate que la cellulose y apparaît sous la forme d'un réseau étroitement appliqué sur les deux côtés de la lamelle protéique primitive. Ce réseau est formé de trabécules anastomosés; sur les membranes latérales, la plus grande partie et les principaux de ces trabécules sont disposés dans le sens transversal, rappelant la disposition des épaississements lignifiés dans certains vaisseaux rayés où réticulés. Sur les membranes transversales, l'orientation générale des trabécules est rayonnante à partir du centre de la membrane.

Ces dispositions, ainsi que la minceur des jeunes membranes, rendent le réseau cellulosique difficilement observable en section, c'est-à-dire de profil. En effet, la disposition rayonnante des trabécules sur les membranes transversales fait que celles-ci se présentent avec une épaisseur sensiblement uniforme dans les coupes longitudinales; la disposition transversale des trabécules sur les membranes latérales produit le même effet dans les coupes transversales; ce n'est que très rarement et en multipliant les observations que j'ai pu voir des membranes sectionnées exactement suivant l'intervalle qui sépare deux trabécules transversaux. Au contraire, la structure réticulaire est relativement facile à observer de profil sur les membranes latérales en coupe longitudinale, surtout après l'action de l'acide iodhydrique qui les gonfle légèrement. L'aspect de ces membranes rappelle alors d'une manière frappante celui des membranes transversales des tubes criblés observés sur des coupes longitudinales.

Un premier fait intéressant résulte de ce mode de répartition de la cellulose sur les jeunes membranes : pendant au moins la plus grande partie de la période de croissance des cellules, les cytoplasmes des cellules contiguës ne sont séparés les uns des autres que par une mince lamelle protéique dans les intervalles compris entre les trabécules cellulosiques, et ces intervalles peuvent représenter près de la moitié de la surface des membranes.

Au fur et à mesure de la croissance de la cellule, et par conséquent de la croissance en surface des membranes, les mailles du réseau cellulosique se distendent, tendant ainsi à accroître les intervalles qui les séparent; mais, en même temps, les trabécules s'étendent en surface, réduisant au contraire et faisant même disparaître la plus grande partie des intervalles, de telle sorte que, la croissance terminée, les intervalles subsistants ne forment plus qu'un petit nombre d'espaces ovales ou arrondis et qui sont les ponctuations intercellulaires.

Pendant cette évolution de la membrane, les composés pectiques sont apparus dans la lamelle moyenne où ils semblent, ainsi que je l'ai déjà

montré ([1]), intimement liés à la lamelle protéique primitive, et ceci, aussi bien au fond des ponctuations qu'entre les deux revêtements cellulosiques ([2]).

Les faits que je viens d'exposer me paraissent dès maintenant de nature à éclairer le problème de l'accroissement en surface des membranes cellulosiques. Sans qu'il soit actuellement possible d'affirmer d'une manière absolue que les substances protéiques de la lamelle moyenne soient réellement vivantes, il est néanmoins permis de le supposer, notamment en raison de leur accroissement qui se traduit par le volume parfois considérable des masses qu'elles peuvent former dans les espaces intercellulaires des jeunes tissus. On peut concevoir alors la formation de la cellulose comme résultant de l'activité de cette portion du cytoplasme, activité qui continuerait à se manifester, d'une part, par le revêtement cellulosique progressif des espaces compris entre les trabécules primitifs; d'autre part, en compensant au fur et à mesure la perte d'épaisseur que ferait éprouver à ces trabécules la distension due à l'accroissement de la cellule.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur la cuticule des épidermes floraux.* Note de M. P. Martens, présentée par M. P.-A. Dangeard.

J'ai étudié récemment la structure, l'origine et le rôle du relief cuticulaire sur les pétales de *Tradescantia* ([3]). Afin de savoir dans quelle mesure il était permis de généraliser les conclusions énoncées, les recherches ont été poursuivies en utilisant six espèces différentes, correspondant à des types bien distincts de structure épidermique définitive. Cette Note préliminaire résume l'essentiel des résultats obtenus.

1° Les pétales de *Lythrum salicaria* L. et d'*Epilobium spicatum* Lam. ont de longues cellules épidermiques, à parois anticlines ondulées et bordées de méats. Les stries cuticulaires y sont nombreuses, serrées, orientées suivant le grand axe cellulaire. Ce dispositif est précédé, dans le bouton très jeune, par un plissement de la pellicule de cutine *dans tous les sens*

2° Chez *Viola tricolor* L., les cellules du pétale (épiderme inférieur) sont anisodiamétrales, pourvues de méats, et prolongées en papilles dont l'apex

([1]) *Comptes rendus, loc. cit.*

([2]) *Comptes rendus,* **197**, 1933, p. 1147.

([3]) *Comptes rendus,* **197**, 1933, p. 785; *Protoplasma,* **20**, 1934, p. 483-515.

est très excentrique. Les plis cuticulaires sont réticulés sur la plage apicale, anguleux et zigzagants sur la pente courte et raide de la papille, radiaires et plus ou moins parallèles sur la pente longue, concentriques enfin à proximité des parois anticlines. L'étude des stades les plus jeunes montre que le plissement est d'abord réticulé sur *toute* la face externe et que les variantes ci-dessus se manifestent peu à peu au cours de la différenciation et du soulèvement papillaire.

3° L'épiderme inférieur des pétales de *Pelargonium zonale* Willd. comporte des cellules isodiamétrales, formant une papille centrale assez élevée. L'apex est couvert d'un réseau grossier de larges plis cuticulaires, prolongé sur les versants, par des plis rayonnants très fins. Cette structure n'apparaît qu'assez tard dans le bouton, lorsque la papille est déjà formée, et s'y manifeste à peu près sous sa forme définitive.

4° Les cellules longues et adultes des poils staminaux de *Tradescantia virginica* L. sont pourvues de stries cuticulaires rectilignes, parallèles et longitudinales. Si l'on observe des cellules de plus en plus jeunes, on voit l'orientation des stries s'effacer progressivement, les plis devenant onduleux, puis anguleux et zigzagants, enfin anastomosés, plus ou moins réticulés, ramifiés dans n'importe quel sens.

5° La corolle stérile de *Centaurea cyanus* L. possède un épiderme de cellules étroites et longues à parois anticlines ondulées, et dont la face externe porte un unique pli cuticulaire, ondulé et axial. Ce pli provient de la confluence de nombreuses stries courtes et anguleuses, dépourvues d'orientation et couvrant, aux stades les plus jeunes, l'ensemble de la paroi externe.

L'étude de la différenciation progressive du relief épidermique pour chacune de ces six espèces démontre que la même interprétation s'applique essentiellement à toutes, quoique la structure définitive y soit bien différente. La *formation* et l'*orientation* du relief cuticulaire correspondent à deux phénomènes entièrement distincts et normalement successifs. Le premier est dû à une production momentanément excessive de substance cuticulaire, se traduisant par une augmentation de surface, et il est inévitable que le plissement qui en résulte se réalise *dans tous les sens*. Le second est causé par l'étirement, dans un sens déterminé, subi par la cellule épidermique en différenciation, et valable avec le caractère particulier de celle-ci; l'étirement, en effet, efface ou oriente peu à peu tous les plis plus ou moins perpendiculaires au sens suivant lequel cet étirement s'exerce.

Cette interprétation concorde avec celle qui a été donnée en 1933-1934

pour les pétales de *Tradescantia* et permet de la généraliser. Toutes les données recueillies confirment la critique, faite alors, des conceptions antérieures sur l'origine et le mécanisme de formation du relief cuticulaire (Schwendener-Volkens, 1882-1884; Strasburger, 1882; Tschirch-Kurer, 1916-1917). Elles confirment, en même temps, le rôle strictement physiologique de ce relief qui constitue, en somme, une réserve de surface et le caractère de *sécrétion* (et non de transformation *in situ*) qu'il faut attribuer à la différenciation de la cuticule elle-même.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *A propos de l'équilibre protéinique du sérum sanguin*. Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Ch. Achard.

Dans la préface d'une Thèse d'un de ses élèves ([1]), M. Ch. Achard a posé très nettement le problème non résolu, de la formation, de l'origine, de la régulation des protéines du sang, problème si vaste et si complexe qu'il constituerait, à lui seul, une nouvelle branche de la physiologie générale.

Les recherches poursuivies, depuis plus de 10 ans, sur des sérums normaux et pathologiques de toutes origines nous ont apporté de très intéressantes données, en particulier sur la *myxoprotéine;* mais s'il a été démontré que cette nouvelle protéine isolée du sérum sanguin est bien une véritable entité chimique, aucune interprétation de son origine n'avait pu être donnée. Il a fallu attendre avec patience les tout récents travaux sur le fonctionnement de la cellule mammaire ([2]).

On peut désormais aborder le problème proposé par M. Achard et relier enfin les acquisitions fragmentaires faites sur les protéines sériques et en particulier sur la myxoprotéine, la plus *plastique* de toutes.

I. L'étude *chimique* de la myxoprotéine, extraite du sérum normal, montre qu'elle est la protéine la plus *simple*, la moins *condensée*.

Les analyses ont porté de préférence sur le sérum normal de bœuf prélevé sur des sujets *sains* et bien *reposés*.

	Composition élémentaire pour 100.							
	Myxoprotéine (sérum bœuf) (échantillon moyen).				Myxoprotéine (sérum cheval) (échantillon moyen).			
	C.	H.	N.	S.	C.	H.	N.	S.
N° I	47,3	7,2	14,4	1,1	47,7	7,3	14,5	1,15
N° II	46,89	6,9	14,35	0,98				
N° III	46,54	7,1	14,38	1,08				

([1]) A. Arcaud, *Thèse de doctorat en pharmacie*, Paris, 1930.

([2]) M. Piettre, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1414 et 1454.

Par comparaison, voici les chiffres pour la globuline et l'albumine du sérum de bœuf :

Composition élémentaire pour 100.								
Sérum globuline.				Sérum albumine.				
C.	H.	N.	S.	C.	H.	N.	S.	CaO.
50,6	7,2	14,68	0,87	49,9	7,3	16,1	1,68	0,17

Les dosages de S, faits par trois techniques ont donné (moyennes pour le bœuf) :

Sérum globuline °/₀	0,86
Myxoprotéine °/₀	1,1
Sérum albumine	1,7

Voici enfin la répartition de l'azote dans les différentes fractions d'un même sérum de bœuf (microdosages de M. Boivin) :

Sérum globuline °/₀	14,7
Myxoprotéine °/₀ : 1re fraction	14,6
» 2e et 3e fractions	14,3
Sérum albumine °/₀	15,96

La myxoprotéine étant particulièrement sensible à l'action coagulante des sels neutres en présence d'acétone ou d'alcool, les conditions précises déjà indiquées, pour l'application de la méthode à l'acétone, doivent être respectées avec soin sous peine de polymérisation non seulement de cette substance mais aussi de l'albumine.

II. Les recherches *expérimentales* ont eu pour but de voir si, sur un sujet, des saignées abondantes et fréquemment répétées entraîneraient des modifications dans la proportion des différentes protéines.

Un cheval, en équilibre protéinique d'ailleurs anormal, a subi les saignées suivantes : 19, 21, 24, 27 et 31 janvier, 2, 9 et 16 février 1933.

Les résultats analytiques ont été les suivants :

			Protéines pour 100.		
Saignées.	Extrait sec.	Cendres.	Sérum globuline.	Myxoprotéine.	Sérum albumine.
1re	8,00	0,708	1,08	1,29	3,88
2e	7,98	0,697	1,02	1,75	3,80
3e	8,01	0,67	0,86	1,62	3,82
4e	8,19	0,60	1,06	1,95	4,12
5e	7,68	0,64	0,99	1,69	3,48
6e	7,97	0,66	1,19	1,70	3,18
7e	7,96	0,61	1,74	1,82	3,16
8e	7,90	0,60	1,76	2,13	3,22

Sur un diagramme, les droites représentant globuline et albumine convergent (8ᵉ saignée) vers la droite indiquant la myxoprotéine.

III. Dans le domaine de la *pathologie*, les multiples analyses faites en collaboration avec M. Achard et ses élèves, avec M. A. Boutaric, etc., ont montré que tout état pathologique se traduit : 1° par une modification de la composition protéinique du sérum ; 2° par une augmentation de la fraction myxoprotéine qui peut être parfois supérieure à la somme des deux autres protéines. Mêmes observations, plus nettes encore dans les immunsérums. Dans les premières phases de l'immunisation, l'élévation du taux de la myxoprotéine est considérable (sérum antidiphtérique, antitétanique, antiophidique surtout). Et chose curieuse, alors que les propriétés spécifiques, dans les immunsérums accompagnent soit la globuline, soit le plus souvent l'albumine, la fraction myxoprotéine reste pratiquement inactive, comme si les deux premières résultaient d'une activité organique différente (activité réactionnelle), et la dernière d'une simple activité trophique de cellules ou tissus chargés spécialement d'assurer l'approvisionnement, en protéines, des éléments *nobles*.

La séparation acétonique est d'ailleurs beaucoup plus délicate, dans ces sérums pathologiques ; il faut, comme l'a démontré M. Hodac [1], réaliser des dilutions aqueuses de 2,5 aussi bien pour la floculation de la sérum-globuline que pour la fraction myxoprotéine. C'est que les modifications physicochimiques de ces sérums, étudiés actuellement par M. Kopaczewski, sont très importantes ; il est possible qu'il en soit ainsi pour cette dernière substance et que de très longues recherches soient nécessaires.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une réaction colorée des sesquiterpènes azulénogènes.* Note de M. **Sébastien Sabetay** et Mᵐᵉ **Hermine Sabetay**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les huiles essentielles présentent un certain nombre de réactions colorées, dont plusieurs semblent dues aux sesquiterpènes ou aux alcools sesquiterpéniques azulénogènes. Citons, à titre d'exemple, les colorations vertes, bleues ou rouges que donne SO^4H^2 conc. avec les essences en milieu chloroformique, acétique ou anhydride acétique, les réactions bleu rougeâtre que certaines essences de menthe donnent avec

$$NO^3H + CH^3COOH,$$

---

(1) Hodac, *Thèse de doctorat en pharmacie*, Paris, 1933.

la coloration violette que la myrrhe donne avec le brome ou NO^3H, etc. Une étude systématique de ces réactions n'a jamais été faite. D'autre part, leur spécificité semble être restreinte car, par exemple, des corps de constitution toute différente, tels que les polyènes synthétiques, les caroténoïdes, l'acide abiétique, le cholestérol, les sesquiterpènes azulénogènes donnent eux aussi des colorations avec SO^4H^2 conc. en milieu chloroformique ou acétique. L'un de nous ([1]) a montré que l'essence de géranium Bourbon de même que les rhodinols imparfaitement purifiés qui en dérivent se colorent, en présence de brome chloroformique, en vert bleu. Aucun des constituants connus de l'essence de géranium ne donnant cette réaction, nous l'avons attribuée à un sesquiterpène azulénogène, non encore décrit, qui, sous l'influence du brome, se déshydrogènerait en azulène.

On ne trouve dans la littérature que peu d'indications ([2]) sur les fractions sesquiterpéniques des essences de géranium les plus connues (Bourbon, Rosat, Maroc, Algérie, Espagne). Par contre L. Glichitch et Ch. Müller ([3]) ont isolé à partir de quelques essences de géranium de l'Est africain anglais plusieurs sesquiterpènes bicycliques lévogyres (R^t 5 à 8 %), sans préciser s'ils donnent ou non des réactions colorées. Pourtant la présence de sesquiterpènes azulénogènes dans l'essence de géranium Bourbon pouvait être soupçonnée, car lors de la rectification de l'essence on rencontre souvent des portions vertes, voire bleues.

Guidés par la réaction au Br chloroformique et par le fait que l'essence de géranium et les rhodinols imparfaitement purifiés se colorent en bleu vert par chauffage avec le soufre, nous avons saponifié l'essence de géranium Bourbon et nous avons fixé les alcools sous forme de borates. Par distillation, nous avons séparé une portion sesquiterpénique possédant les constantes $Eb_5 = 117\text{-}120°$ ([4]), $n_D^{20} = 1{,}5021$, $D_{15}^{15} = 0{,}9134$, $\alpha(1\ dm) = +11°{,}40$ ([5]), RM tr. 66,2, calc. pour $C^{15}H^{24}\overline{|_2}$ 66,13. Combustion : tr. C % 87,98,

([1]) D'après une communication privée de MM. Janot et E. Cionza, on peut utiliser l'essence de valériane pour la préparation des azulènes.

([2]) G. Louveau (*Revue des Marques*, **12**. 1934, p. 19) parle de 1 à 2 pour 100 de sesquiterpènes non déterminés.

([3]) L. S. Glichitch et Ch. Müller, *Chimie et Industrie*, **19**, 1928 (numéro spécial. Congrès, p. 480).

([4]) Par distillation en présence de poreuse les sesquiterpènes se décomposent parfois de façon violente,

([5]) Le chauffage avec l'acide borique a probablement interverti le signe du pouvoir rotatoire.

H %₀ 12,2, calc. C % 88,23 et H % 11,76. Ce sesquiterpène se colore en jaune par Cl^3Sb (double liaison), en bleu intense par le Br chloroformique ou par chauffage avec du soufre ou par NO^3H acétique à froid. Ces portions sesquiterpéniques peuvent être également isolées par fractionnement direct de l'essence, mais on constate alors qu'elles sont entraînées partiellement par la fraction rhodinol-géraniol. On isole ainsi des sesquiterpènes légèrement dextrogyres, se colorant en bleu intense par $Br + CHCl^3$, à côté de fractions bouillant plus haut et contenant de l'oxygène (alcools sesquiterpéniques?)

La réaction colorée au Br chloroformique semble spécifique des sesquiterpènes azulénogènes. La sensibilité est appréciable, 1 goutte d'une solution chloroformique à 2,5 pour 100 d'essence de géranium Bourbon donne encore une coloration verte; de même, quelques dixièmes de centimètre cube d'une solution de $0^g,1$ de sesquiterpène pur dans 30^{cm^3} de chloroforme. Cette réaction se prête au dosage colorimétrique des sesquiterpènes azulénogènes et peut-être pourra-t-on l'utiliser pour la préparation des azulènes.

Les sesquiterpènes azulénogènes sont très répandus dans les huiles essentielles. On peut les déceler au moyen de notre réaction. 1 à 5 gouttes d'essence (selon la richesse en sesquiterpènes) sont dissoutes dans 0,2 à 2^{cm^3} de $CHCl^3$. On ajoute 0,1 à 1^{cm^3} de brome chloroformique à 5 ou à 10 pour 100. Après quelques minutes il se développe une coloration bleue, verte ou violette qu'on peut rendre plus visible par dilution avec le chloroforme. Certains alcools sesquiterpéniques (le gaïol par exemple) se colorent en violet. Des colorations semblables ont été obtenues par chauffage des essences en présence de soufre et l'on peut faire remarquer qu'un grand nombre des essences décrites plus bas ont été effectivement employées pour la préparation des azulènes. Parmi les nombreuses essences étudiées se colorant en bleu, vert ou violet avec le Br chloroformique, citons les suivantes : araucaria, aunée, baume de copahu, bois de gaïac, bois de Siam, cade fraîchement distillée, cajeput, calamus, camomille, cubèbe, élémi, eucalyptus globulus, galanga, galbanum, genièvre, géranium (Bourbon, Pays, Maroc, Afrique, Espagne), gingembre, houblon, livèche, certaines menthes, mille-feuilles, myrrhe, niaouli, piment, poivre noir, rose distillée (Bulgarie, Grasse, Algérie), valériane officinale [1], verveine Mayotte, Ylang, Zdravets.

---

[1] S. Sabetay, *Annales de Chimie analytique*, 15, 1933, p. 194.

En dehors du brome chloroformique, on peut obtenir des réactions colorées, mais moins facilement utilisables, avec I, IH, SO^4H^2, NO^3H, etc. Nous nous proposons d'étudier systématiquement ces réactions et de les appliquer soit à la détection de nouveaux sesquiterpènes ou alcools sesquiterpéniques azulénogènes, soit à la découverte de certaines falsifications des huiles essentielles.

AGRONOMIE. — *Influence du radium sur les rendements culturaux de quelques plantes.* Note de MM. **A. Lepape** et **R. Trannoy**, présentée par M. L. Blaringhem.

1. Nos expériences, commencées sous la direction de Ch. Moureu, et poursuivies avec le concours de MM. M. Geslin et Schonberg, se sont étendues sur quatre années (1930-1933). Elles ont porté sur huit plantes, cultivées dans deux terrains (limon des plateaux K et terrain sableux C) de la station de recherches Berthelot, à Bellevue (Seine-et-Oise) et dans un terrain (de limon des plateaux V) du domaine de l'Institut des Recherches agronomiques, à Versailles.

Les bandes de terrain K et C, de Bellevue, ont formé chacune cinq parcelles de 2^{m^2} (K) et 4^{m^2} (C), séparées par des bandes-tampons de 1^m de largeur. Trois des parcelles K (teneur en radium du sol naturel : $1,0.10^{-12}$ g Ra par gramme de terre fine) et trois des parcelles C ($0,5.10^{-12}$ g Ra par gramme de terre fine) ont servi de témoins. Aux deux autres parcelles de chaque lot, on a ajouté, fin mars 1930, des quantités de radium respectivement égales à dix et cent fois (K10, K100, C10, C100) la teneur normale du sol (arrosage très soigné avec une solution titrée de bromure de radium-baryum). Le terrain de Versailles a été divisé en sept parcelles de 4^{m^2} ($1^m,33 \times 3^m$), séparées par six bandes de $0^m,95$ de largeur. Les parcelles d'essais n°s 4, 6 et 10 ont reçu, le 9 avril 1931, des quantités de radium égales à 10, 100 et 1000 fois (V10, V100, V1000) la teneur normale du sol ($0,97.10^{-12}$ g Ra par gramme de terre fine); les autres parcelles ont servi de témoins. Le radium ainsi incorporé au sol y passe et y subsiste sous forme de composés insolubles dans l'eau.

La même plante a été semée ou plantée normalement dans toutes les parcelles d'un même lot de terrain.

2. Nous résumons, dans le tableau suivant, les principaux résultats numériques de nos essais, en indiquant, pour les différentes parcelles des

trois lots de terrain, le poids total de la récolte sèche de chacune des plantes cultivées. Pour le blé et le maïs, on a employé, en 1932, une fumure correspondant à 40^{kg} de N, 50^{kg} de K^2O et 60^{kg} de P^2O^5 par hectare :

Situation du terrain et dose de radium.	Plante cultivée et poids de la récolte sèche.				
	1930.	1931.		1932.	1933.
Bellevue.	Orge.	Haricot.		Pavot.	Pomme de terre.
K 10	1232^g	764^g,5		232^g	2262^g
K 100	1225	803		284	2628
K témoin	1181	876		287	2742
	Pavot.	Orge.	Navet.	Blé (engrais).	
C 10	393	2615	430	3021	»
C 100	347	1537	220	3417	»
C témoin	408	2442,5	493	3315	»
C témoin	348	1847	265	3411	»
Versailles.		Orge.	Navet.	Maïs (engrais).	Fève.
V 10	»	2653	509	9400	1050
V 100	»	2366	559	9650	1060
V 1000	»	2480	322	8950	950
V témoin	»	2972	395	12450	1220
V témoin	»	2378	310	9950	885

3. Nous avons observé parfois, dans les parcelles à radium, un léger retard de la végétation, avec échelonnement de la floraison. Quant aux rendements, le tableau précédent ne manifeste *aucune influence sensible des doses modérées de radium (doses* 10 *et* 100) *sur le poids des récoltes.* La culture du navet, à Versailles, a, seule, présenté pour les parcelles à radium (doses 10 et 100), des rendements nettement supérieurs à ceux des témoins; mais, à Bellevue, les résultats ont été différents. Pour le maïs, les haricots et la pomme de terre les rendements des parcelles à radium sont inférieurs à ceux des parcelles témoins. *Lorsque le sol contient mille fois plus de radium que sa teneur normale, les rendements culturaux sont toujours abaissés;* cette dose paraît donc nocive pour toutes les plantes étudiées. Dans les deux cas d'emploi d'un engrais complet, l'addition de radium au sol n'a produit aucun effet.

Le pavot, qui manifeste une sensibilité particulière à l'apport d'azote

[augmentation du nombre des stigmates de la fleur terminale ([1])], a permis de constater que le radium ne paraît nullement favoriser l'assimilation de l'azote du sol par les plantes.

On trouvera dans un autre Recueil l'exposé détaillé des conditions de nos longs et multiples essais et de toutes les observations auxquelles ils ont donné lieu.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la formation de l'adrénaline dans la glande surrénale. Adrénaline combinée ou virtuelle et adrénaline libre.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **R. Argaud**, présentée par M. A. Desgrez.

Les recherches expérimentales que nous avons exposées ([2]) nous ont permis d'établir trois ordres de faits :

1° Par agitation au contact de l'air seulement pendant 4-5 heures à la température de 22°-24°, la pulpe de substance corticale en suspension dans de l'eau légèrement alcalinisée par du carbonate de sodium, décèle, après l'expérience, une quantité relativement importante d'adrénaline.

2° Dans les mêmes conditions, la pulpe de substance médullaire a perdu toute son adrénaline détruite par oxydation.

3° Il suffit d'ajouter à la pulpe corticale le tiers de son poids de pulpe médullaire pour que le mélange ne décèle, après agitation de même durée, aucune trace d'adrénaline.

La conclusion s'impose : il s'est formé dans la pulpe de cortex surrénal au cours de l'agitation à l'air plus d'adrénaline que l'oxydatiou n'a pu en détruire. Dans la pulpe médullaire c'est l'inverse.

Quelle interprétation pouvons-nous donner de ces résultats ?

La présence de l'adrénaline dans la pulpe corticale à la fin des expériences est-elle due à une néoformation ou bien l'adrénaline préexistait-elle sous une forme telle que les réactifs chimiques spécifiques seraient impuissants à l'y déceler? Tel serait le cas d'une combinaison soit avec les protides, soit avec les lipides et lipoïdes très abondants, comme on sait, dans la zone corticale tandis que l'adrénaline existerait, au contraire, à

(1) L. Blaringhem, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 407; L. Blaringhem et Trannoy, *Comptes rendus Agriculture*, **10**, 1924, p. 919; **12**, 1926, p. 40; **14**, 1928, p. 41; **16**, 1930, p. 1074.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 369; **195**, 1932, p. 338.

l'état libre dans la médullaire, c'est-à-dire sous une forme facilement oxydable.

Deuxième hypothèse : il pourrait y avoir dans le cortex des substances réductrices, avides d'oxygène, en quantité suffisante pour préserver l'adrénaline qui s'y formerait de l'action oxydante destructive de l'air.

On pourrait adopter la première aussi bien que la seconde de ces deux hypothéses. Mais la première nous paraît la meilleure.

Faisons un extrait aqueux de 15 grammes de pulpe corticale fraîche dans 100$^{cm^3}$ d'eau. Après désalbumination, dosons chimiquement l'adrénaline; nous n'en trouvons pour ainsi dire que des traces. Cependant si nous faisons à un animal, lapin ou chien, une injection intraveineuse d'une petite quantité de cet extrait, nous constatons une élévation manifeste de sa pression artérielle tout à fait hors de proportion avec la quantité d'adrénaline indiquée par les réactions chimiques.

Cette même quantité de pulpe, additionnée d'eau alcaline et soumise à l'agitation pendant 3 heures, nous fournit, après neutralisation et désalbumination, un extrait qui donne très nettement les réactions de l'adrénaline, mais qui, injecté à un animal à la même dose que le premier, amène une élévation de pression qui n'est pas plus grande.

Or les réactions chimiques ont donné une réponse différente dans les deux cas; par contre, les réactions physiologiques sont les mêmes.

C'est donc que dans le premier extrait, il existait très peu d'adrénaline libre chimiquement décelable et, par contre, une certaine quantité d'adrénaline dissimulée ou virtuelle que l'agitation au contact de l'air a libérée dans le second extrait. Mais l'action sur la pression sanguine de ces deux adrénalines, libre ou virtuelle, a été la même dans les deux cas.

Il suffit d'ailleurs d'abandonner à l'air pendant 24-48 heures un extrait de pulpe corticale désalbuminé pour obtenir des réactions chimiques beaucoup plus nettes qu'avec l'extrait venant d'être préparé.

C'est l'inverse qui se produit pour les extraits de substance médullaire.

Si les effets physiologiques des extraits corticaux fraîchement préparés sont beaucoup plus nets que les réactions chimiques, c'est que les premiers sont dus à la libération dans le milieu intérieur d'adrénaline libre aux dépens de l'adrénaline virtuelle.

Une dernière expérience enfin nous permettra d'affirmer la présence de cette adrénaline virtuelle dans le cortex surrénal.

Reprenons le premier extrait qui ne donnait que très faiblement des

réactions chimiques caractéristiques tout en agissant nettement sur la pression artérielle.

Avec cet extrait faisons deux lots A et B de 10^{cm^3} chacun.

Plongeons A dans un bain-marie à 40° pendant 30 minutes tandis que B est maintenu dans un courant d'eau froide; dosons colorimétriquement l'adrénaline dans les deux lots. Il y en a beaucoup plus dans A que dans B dont la coloration est à peine appréciable.

Si nous faisons la même expérience avec de l'extrait désalbuminé de médullaire, les résultats sont inverses.

Nous sommes donc amenés à conclure que si dans le cortex, il n'existe qu'une très faible quantité d'adrénaline libre chimiquement décelable, il y a, par contre, une plus grande quantité d'adrénaline dissimulée ou virtuelle.

Dans la substance médullaire, au contraire, la quantité d'adrénaline libre l'emporte de beaucoup sur celle de l'adrénaline virtuelle qui peut y rester.

EMBRYOLOGIE. — *Sur le développement de l'œuf de* Branchipus stagnalis *L.* (*Crustacé Phyllopode*). Note de M. **Paul Mathias** et Mme **Marguerite Bouat**, présentée par M. Ch. Gravier.

Les œufs de *Branchipus stagnalis* L. sont susceptibles, sans avoir jamais été asséchés, de se développer normalement après une période de repos plus ou moins longue. Nous avons cherché à faire cesser la diapause en soumettant ces œufs à des traitements variés.

Les œufs, après avoir subi l'action des réactifs, étaient lavés soigneusement, puis mis dans l'eau pure, soit à la température du laboratoire (18° à 20°), soit à l'étuve à 27°.

Tous les lots étaient accompagnés d'un lot témoin renfermant des œufs pris à la même source que ceux en expérience, mais n'ayant subi aucun traitement.

Des œufs desséchés 30 jours à 9°-10° donnent de nombreuses éclosions de 5 à 6 jours après retour à l'eau. Pour être efficace, la dessiccation doit durer au moins 7 jours à 17°, 4 jours à 27°, 2 à 3 jours à 33°, 1 jour à 39°, et les éclosions se produisent environ 48 heures après la mise à l'eau.

Une dessiccation énergique fait toujours cesser la diapause.

Les œufs furent soumis également à l'action des solutions hypertoniques, de corps déshydratants, d'acides organiques.

Les résultats obtenus se trouvent consignés dans le tableau ci-dessous :

Réactif.	Durée d'action du réactif.	Temps nécessaire pour obtenir les premières éclosions après retour à l'eau.	Proportion des éclosions.
Eau de mer	4 jours	2 à 3 jours	nombreuses éclosions
Solution de NaCl renfermant de 0^{mol},25 à 1^{mol} par litre	4 jours 1/2	2 à 4 jours	quelques éclosions
Solution de NaCl renfermant de 1^{mol},5 à 2^{mol},5 par litre	4 jours	36 à 48 heures	nombreuses éclosions
Solution de NaCl renfermant de 4 à 6^{mol} par litre.	3 jours	36 à 48 heures	quelques éclosions
Solution saturée de saccharose	4 jours	2 jours	nombreuses éclosions
Solution de saccharose renfermant 6^{mol} par litre.	4 jours	2 jours	nombreuses éclosions
Solution saturée de $CaCl^2$	1 jour	3 à 4 jours	quelques éclosions
»	5 jours	2 à 3 jours	44 %
Solution de KOH renfermant 1^{mol} par litre	1 jour	7 à 9 jours	assez nombr. éclosions
Solution saturée de $CHCl^3$	15 minutes	2 à 4 jours	quelques éclosions
Glycérine	2 jours	8 jours	quelques éclosions
»	4 jours 1/2	24 à 48 heures	73,5 %
Alcool absolu	10 minutes	4 à 8 jours	20 %
»	5 minutes	13 à 19 jours	quelques éclosions
Alcool à 95°	30 minutes	7 jours	quelques éclosions
Aldéhyde éthylique	20 à 30 minutes	5 à 6 jours	assez nombr. éclosions
$CHCl^3$ pur	1 heure	4 à 14 jours	quelques éclosions
SO^4H^2 pur	1 minute	7 à 9 jours	rares éclosions
»	quelques sec.	5 à 9 jours	nombreuses éclosions
Acide butyrique au 1/20^e	15 minutes	2 à 3 jours	très nombr. éclosions
Acide acétique au 1/10^e	30 minutes	3 à 8 jours	assez nombr. éclosions
»	20 minutes	3 à 8 jours	rares éclosions

Ce sont les corps déshydratants qui sont surtout actifs. Les solutions de saccharose renfermant moins de 6^{mol} par litre sont sans effet et l'on n'obtient que des résultats peu satisfaisants en prolongeant l'action de l'acide butyrique au 1/20e. Il en est de même en employant des solutions plus concentrées d'acide butyrique.

Les lots témoins n'ont jamais donné lieu à des éclosions. Pour établir que ce sont bien les réactifs employés qui font cesser la diapause, nous avons traité un lot témoin 4 jours par une solution de NaCl renfermant 1^{mol},5 par litre et 2 à 3 jours après retour à l'eau de nombreuses éclosions se produisirent. Un autre lot témoin fut divisé en deux parties dont une seule fut traitée par une solution renfermant par litre 2^{mol} de NaCl, l'autre partie servant toujours de témoin. Alors que cette dernière n'avait

rien donné, la partie traitée montrait 2 à 3 jours après retour à l'eau de très nombreuses éclosions.

En résumé, nous pouvons conclure de nos expériences que l'on peut faire cesser la diapause des œufs de *Branchipus stagnalis* L. en les desséchant ou en les traitant par les réactifs suivants : solutions de NaCl ($0^{mol},25$ à 6^{mol} par litre); solutions de saccharose (saturée et à 6^{mol} par litre); solutions saturées de chlorure de calcium et de chloroforme; solution de potasse (1^{mol} par litre); chloroforme pur; acide sulfurique pur; acide butyrique au $1/20^e$; acide acétique au $1/10^e$; glycérine; alcool absolu; alcool à 95°; aldéhyde éthylique; eau de mer.

ZOOLOGIE. — *Description d'une espèce française du genre* Pelodrilus (*Oligochètes*). Note [1] de Mlle **A. Tétry**, transmise par M. L. Cuénot.

Au cours de recherches sur la faune des Oligochètes de Lorraine, j'ai découvert une espèce nouvelle, appartenant à un genre qui jusqu'ici n'avait pas été signalé en France et qui était à peine connu en Europe : le genre *Pelodrilus* de la famille des Haplotaxidés. Une vingtaine d'exemplaires furent trouvés en mai, juillet et septembre, dans du sable vaseux très humide, accompagnés de quelques *Branchiura Sowerbyi* Beddard et de larves de Diptères, au bord de la Moselle, localité Liverdun près Nancy, en plusieurs points éloignés de quelques centaines de mètres; les animaux, dont l'aspect et la couleur assez vive suggèrent un Lombricien ordinaire, sont peu mobiles lorsqu'on les aperçoit dans la vase et présentent un enroulement serpentiforme caractéristique. Au laboratoire, on peut les faire vivre facilement dans de l'eau pure, comme les *Haplotaxis*.

Voici la description technique de l'espèce; les individus ayant un clitellum bien visible ont une dimension maximum de 160^{mm}, le mode étant d'environ 120^{mm}. Le nombre des segments varie suivant la taille de 208 à 78 (ce dernier chiffre se rapportant à un individu de 98^{mm}); le mode est d'environ 134 segments. Les individus non à maturité sexuelle, sans clitellum, ne dépassent guère 30 à 45^{mm} de longueur (environ 65 segments). Le plus fort diamètre au niveau du clitellum est de 3^{mm} à $3^{mm},5$; la partie post-clitellienne, fortement annelée, a un diamètre de 1^{mm}. — Prostomium ne faisant qu'un avec le premier anneau (tête zygolobe). — Soies en deux groupes ventraux et deux dorsaux, comprenant chacun deux soies lisses, simplement pointues et légèrement recourbées à l'extrémité libre avec un nodule au milieu, ayant environ

(1) Séance du 16 juillet 1934.

400 μ de longueur. Suivant la convention admise, j'appellerai les soies d'un même côté en commençant par la plus ventrale *a, b, c, d* : les positions relatives des soies sont les suivantes : 1° du deuxième segment au début de la région clitellienne : $ab = cd$ (les soies sont également écartées dans chaque paire); l'espace *aa* est plus grand que l'espace *bc*; l'espace *dd* est égal au tiers ou au quart de la circonférence; 2° au milieu du corps; *ab* est un peu plus petit que *cd*; $aa < bc$; $aa = 4ab$; $dd =$ le quart de la circonférence; 3° à la partie postérieure : $aa = bc$, $ab = cd$, $dd >$ le quart de la circonférence. — Pores céphaliques et dorsaux absents.

Cloisons 5/6 à 8/9 fortement épaissies; les glandes chromophiles sont bien développées et occupent les segments 4, 5, 6. Tube digestif sans gésier; les cellules chloragogues, d'un vert foncé, entourent surtout le vaisseau dorsal; ces cellules, outre les grains chloragogues, renferment beaucoup de graisse, rapprochement avec *Haplotaxis* [1]. Les vaisseaux latéraux du 7e au 11e segment constituent des cœurs; sur les vaisseaux néphridiens, comme chez les *Perichæta* (Beddard) et les Lombriciens, dilatations ampullaires renfermant des amas cellulaires, dont le rôle est énigmatique. Méganéphridies dans tous les anneaux, à partir du 13e; les pores néphridiens, bien visibles dans tous les segments, s'ouvrent dans l'alignement des soies ventrales.

Clitellum du 15e au 23e segment, rarement jusqu'au 24e, aplati ventralement, de couleur jaune, tranchant sur le fond rosé de l'animal. — *Tubercula pubertatis* allant des deux tiers du 15e aux deux tiers du 23e, surtout bien visibles à la partie postérieure. — Les organes mâles comprennent deux paires de testicules attachés à la face inférieure des cloisons 9/10 et 10/11, faisant saillie dans les segments 10 et 11; deux paires de vésicules séminales, très lobées, attachées aux cloisons 10/11 et 11/12; deux paires de gros entonnoirs séminaux à la face supérieure des cloisons 10/11 et 11/12. Les canaux déférents serpentiformes débouchent dans le 11e et le 12e segment, un peu au-dessus des soies ventrales, les orifices n'étant pas visibles de l'extérieur. — Les organes femelles comprennent une paire de gros ovaires attachés à la face inférieure de la cloison 12/13, faisant saillie dans le 13e segment; le sac ovarien est suspendu à la cloison 13/14; l'entonnoir vibratile de l'oviducte s'ouvre à la face supérieure de la cloison 13/14 et sa lèvre épaissie se continue à la face interne du sac ovarien. Un court oviducte débouche dans le tiers antérieur du 14e segment, l'orifice externe n'étant pas visible; trois paires de spermathèques allongées dans les segments 7, 8, 9, débouchant dans les intersegments 6/7, 7/8, 8/9 dans l'alignement des soies inféro-dorsales.

Cette espèce appartient à la famille cosmopolite des Haplotaxidés; l'absence de gésier la fait ranger dans le genre *Pelodrilus* proposé par Beddard en 1891. Ce genre comprend jusqu'à présent onze espèces, dont six des régions australienne, néo-zélandaise et îles antarctiques; trois d'Afrique; une d'Asie et une de Bulgarie [(*P. Bureschi* Michaelsen) [2]]. La

(1) L. Cuénot, *Arch. de Biologie*, 15, 1897, p. 79.

(2) *Ein Süsswasser-Höhlenoligochät aus Bulgarien* (*Mitt. Zool. Mus. Hamburg*, 41, 1925, p. 85).

forme lorraine diffère notablement des autres *Pelodrilus*, tout en ayant des caractères communs avec certains d'entre eux; elle constitue certainement une espèce nouvelle que j'appellerai *Pelodrilus Cuenoti*, la dédiant à M. Cuénot qui a étudié le premier la faune des Oligochètes de Lorraine. L'autre genre de la famille est représenté aux environs de Nancy par l'*Haplotaxis gordioides* G.L.Hartmann (*Phreoryctes menkeanus* Hoffmeister), qui n'est pas rare dans les puits et la boue des ruisseaux.

MÉDECINE. — *Lacto-gélification sérique considérée comme indice de néoformation*. Note de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Dès le début de nos recherches sur la lacto-gélification du sérum par l'acide lactique nous avons signalé que le sérum des individus atteints du cancer se gélifie beaucoup plus rapidement que le sérum normal (¹). Cette observation est confirmée par l'étude de 168 sérums néoplasiques divers (²).

Technique. — On introduit dans un tube à hémolyse, bien sec, $2^{cm^3},0$ du sérum; on ajoute $0^{cm^3},2$ d'acide lactique pur du Codex (acide racémique de densité 1,24 à 15°C.); on mélange soigneusement; en inclinant légèrement le tube, on constate, à un certain moment donné, que l'on arrive à le renverser sans que le contenu s'écoule. Notons que le sérum soumis à l'épreuve doit être frais, parfaitement transparent; que l'individu étudié sera à jeûne-alimentaire et médicamenteux; que le dosage de l'acide lactique doit être strict, l'homogénéité du mélange, parfaite; la température, constante et bien fixée. Soulignons aussi que les essais de renversement des tubes ne doivent pas être fréquemment renouvelés pour éviter le phénomène de liquéfaction par l'agitation mécanique. D'ailleurs, cette façon de procéder est destinée aux essais cliniques; au laboratoire on la remplacera par des mesures de la viscosité.

Résultats. — Nous les résumons dans le tableau ci-après :

(¹) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1271.

(²) Nos essais ont pu être effectués grâce à l'obligeante collaboration de MM. Gosset, Hartmann, Lacassagne et Clovis Vincent.

TABLEAU I. — *Indice de néoformation dans les tumeurs malignes* (1).

Variétés des tumeurs.	Nombre de cas.	Résultats positifs.	Résultats négatifs.	Indices de néoformation extrêmes.	Indices de néoformation moyens.
Cérébrales	15	13	2	2,0- 7,5	4,0
Cutanées	25	25	–	1,5-15,0	6,5
Glandulaires	13	12	1	1,5-27,0	7,5
Muqueuses	81	75	6	1,5-40,0	8,0
Osseuses	3	3	–	4,0-63,0	15,0

En dehors des tumeurs considérées comme malignes, la réaction de lactogélification donne des réponses positives dans des néoformations dites bénignes ou dans certains états considérés comme *précancéreux* (Tableau II).

TABLEAU II. — *Indice de néoformation dans les néoformations bénignes.*

Variétés des néoformations.	Nombre de cas.	Résultats. positifs.	Résultats. négatifs.	Indices de néoformation. extrêmes.	Indices de néoformation. moyens.
Kyste maxillaire	1	1	–	–	1,5
Leucoplasies buccales	2	2	–	–	1,8
Polype, utérus	1	1	–	–	3,0
Adénome, prostate	3	3	–	1,5- 8,0	4,0
Fibrome, utérus	6	5	1	1,5- 8,0	4,0
Radiodermites	2	2	–	2,5- 6,0	4,0
Adénome, thyroïde	3	2	–	4,0- 5,0	4,5
Lésions inflammatoires	6	5	1	1,5- 8,0	6,0
Lésions tuberculeuses	4	4	–	3,0-12,0	6,5
Fibro-neuromatose	1	1	–	–	10,0
Lymphogranulomatose	1	1	–	–	15,0
Adénome, hypophyse	1	1	–	–	15,0

Nous considérons donc la réaction de lactogélification comme un indice précoce et très net d'un processus de néoformation.

Cette réponse humorale peut-elle être regardée comme spécifique? Il est difficile de conclure. En effet, nous avons démontré dans les Mémoires antérieurs (2) que la lactogélification est accélérée par l'abaissement de la tension superficielle, qu'elle est due, en grande partie, à des globulines sériques; de sorte que, *a priori*, tous les états pathologiques qui s'accom-

(1) Nous appelons l'*indice de néoformation* le chiffre obtenu en divisant le temps de gélification du sérum normal par celui du sérum néoplasique (Tn/Tx).

(2) W. KOPACZEWSKI, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2282.

pagnent d'un abaissement de la tension superficielle du sérum (cirrhoses, ictères) ou d'un enrichissement en globulines sériques (tuberculose, syphilis) peuvent donner une réaction positive. Effectivement, la gélification par l'acide lactique est accélérée aussi bien dans les cirrhoses et les ictères, que dans la tuberculose, mais elle l'est à peine dans la syphilis ([1]). Nous espérons pouvoir discriminer entre le sérum des tuberculeux et celui des cancéreux ; quant au sérum des hépatiques, la présence des pigments biliaires facilitera le diagnostic (analyse électrocapillaire, fixation sur les albumines sériques, etc.). Par ailleurs, il faut souligner que l'accélération de la gélification sérique dans le processus de néoformation s'appuie sur un ensemble de faits expérimentaux bien démontrés, qui plaident en faveur de sa spécificité et la différencient des autres réactions sérologiques purement empiriques (syphilis, tuberculose, malaria, etc.). En effet :

1° *cliniquement*, on a décrit depuis longtemps les variétés *colloïdes* des diverses néoformations (utérus, sein, gliome kystique, etc.);

2° *histologiquement*, on connaît la présence dans les tissus néoformés d'une *substance très réfringente* (tissus fibreux, éléidine, etc.); Nageotte considère ces substances comme « produits de précipitation de certains colloïdes au sein même de la substance fondamentale »;

3° *chimiquement*, les modifications du sérum ou des sucs tissulaires expliquent l'accélération de la gélification du sérum par l'acide lactique, car : *a*. les humeurs et les tissus néoformés sont plus *hydratés*; *b*. les oscillations de pH^+ leur amènent l'accentuation du degré de *gonflement* des colloïdes hydrophiles; *c*. le taux de l'*acide lactique* dans les tumeurs est augmenté; *d*. la quantité de matières grasses est accrue et, enfin, *e*. les globulines accusent une accumulation fréquente;

4° *physiquement*, la *tension superficielle* du sérum et des sucs tumoraux est très fréquemment abaissée, ce que nous avons démontré dès 1921 ; or, toute diminution de la tension superficielle accélère la gélification ([2]).

En résumé, la facilité avec laquelle on peut exécuter la lactogélification sérique, les bases expérimentales sur lesquelles elle repose, les résultats encourageants déjà obtenus (environ 90 pour 100) nous autorisent à la livrer aux expérimentateurs, avec l'espoir qu'elle permettra de dépister dès le début tout processus de néoformation.

([1]) W. Kopaczewski, *Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 869.

([2]) W. Kopaczewski, *Presse médicale* **29**, 1921, p. 595; *C. R. Congrès français de Médecine*, 1922, p. 289; *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1445, et **198**, 1934, p. 1947.

MÉDECINE. — *Dispositif pour la respiration artificielle chez l'homme.* Note de M. **Léon Binet** et Mlle **Madeleine Bochet**, présentée par M. d'Arsonval.

La présente Note a pour objet un dispositif permettant d'assurer artificiellement la respiration chez un sujet en état d'arrêt respiratoire.

Il combine l'action mécanique obtenue par compression pneumatique externe du thorax et de l'abdomen, avec l'inhalation automatique d'un gaz tel que l'oxygène ou le carbogène, favorable au rétablissement des fonctions normales.

Il est essentiellement constitué par une ceinture de sangles inextensibles garnie intérieurement d'un coussinet pneumatique qui, grâce à un mode d'alimentation simple, se gonfle et se dégonfle, en comprimant et relâchant alternativement la région thoraco-abdominale du sujet, suivant le rythme des mouvements respiratoires normaux.

Lorsque la pression pneumatique provoquant l'expiration forcée atteint une valeur préalablement fixée par des données physiologiques, le coussinet se vide grâce à un dispositif d'échappement qui évacue les gaz à l'intérieur d'un masque inhalateur.

Brusquement libéré, le thorax, de par son élasticité, effectue une inspiration spontanée, au moment même où le gaz afflue dans le masque et se trouve donc nécessairement inhalé. La disposition particulière du masque permet d'éviter tout excès de pression nuisible dans l'organisme.

L'appareil est conçu de manière à reproduire périodiquement le cycle des mouvements d'expiration et d'inspiration à un rythme variable, déterminé selon les besoins.

L'alimentation en gaz est réalisée en principe par une source à haute pression telle que : bouteille d'oxygène, de carbogène ou d'air comprimé à 150^{kg}, munie d'un manodétenteur et d'un organe de sécurité.

Tout autre dispositif permettant l'insufflation dans le coussinet d'un gaz spécial ou d'air extérieur, tel que compresseur ou pompe pneumatique, peut être utilisé. En particulier, un soufflet à pied, d'un modèle adopté dans l'aéronautique, est compris dans le matériel de sauvetage, afin de permettre l'utilisation immédiate de l'appareil en cas de pénurie de bouteilles de gaz comprimé.

L'évacuation du gaz du coussinet est commandée par un mécanisme

simple, fonctionnant sous l'effet même de la pression pneumatique dans le coussinet, provoquant, pour une valeur donnée, l'échappement du gaz dans le masque et rétablissant la fermeture sous l'influence de la chute de pression.

Selon l'importance du débit d'alimentation, la pression limite est atteinte plus ou moins rapidement à l'intérieur de la ceinture. Un simple réglage du débit par le pointeau du manodétendeur permet d'obtenir immédiatement le rythme respiratoire normal dont l'entretien se conserve par le jeu combiné du manodétendeur (organe de débit à basse pression constante, quelle que soit la haute pression) et du dispositif d'échappement.

La ceinture pneumatique peut être utilisée indépendamment de tout support ou en relation avec un léger bâti permettant de soulever les épaules et la tête du patient.

L'appareil permet de dissocier, à volonté et de façon immédiate, l'action mécanique et l'inhalation de l'oxygène ou du carbogène.

C'est ainsi qu'au premier stade de la ranimation, dès le retour franchement obtenu de la respiration spontanée, il suffit d'éliminer l'action de la ceinture en relâchant l'enveloppe de sangles pour éviter de contrarier le rythme naturel des mouvements respiratoires.

Le coussinet, directement relié au masque par un raccord tubulaire, tient alors lieu de ballon régulateur intermédiaire et l'appareil fonctionne comme un simple inhalateur.

La séance est levée à 15h25m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUILLET 1934.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DOUVILLÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau une brochure intitulée *Jubilé du Professeur* A. d'Arsonval, 27 *mai* 1933.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur une usine flottante Claude-Boucherot.* Note de M. **Georges Claude**.

J'ai indiqué précédemment (¹) mon intention de réaliser une première usine Claude-Boucherot sur un bateau de 10000 tonnes de déplacement et 6500 tonnes de port en lourd, le *Tunisie*, et d'y installer également la fabrication de la glace grâce aux conditions techniques excellentes qu'y permettra la présence à bord de l'eau très froide des profondeurs.

L'installation de ce bateau est actuellement à peu près terminée par les soins des *Ateliers et Chantiers de France*, et j'ai eu le plaisir d'y recevoir, le 28 juillet, quelques-uns de nos Confrères, avant son départ imminent vers les côtes brésiliennes.

Je crois utile de donner ci-après les principales caractéristiques de ces installations.

Tout d'abord, il faut remarquer que le tube vertical sous-marin ne sera pas fixé au bateau ; il faut que celui-ci puisse s'en dégager en cas de tempête : amarré au fond de la mer par un caisson lourdement chargé, le tube sera suspendu à un *flotteur* présen-

---

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 567.

tant un grand excès de flottabilité qui dotera l'ensemble d'une grande rigidité verticale. Grâce à celle-ci, le bateau pourra s'amarrer sur le flotteur comme sur un solide corps mort et puiser l'eau froide dans le tube par une liaison facilement amovible. Le dessus du flotteur étant à 15^m *sous l'eau*, l'ensemble (tube, flotteur) sera à l'abri de la tempête. Le dispositif d'amarrage, spécialement étudié par MM. Milne et Gardie, est tel que le bateau, maintenu debout à la lame, pourra prendre les mouvements que lui infligeront la houle ou les vagues. On estime, en effet, que l'usine pourra fonctionner même par mer assez agitée.

Une sphère en tôle de 9^m de diamètre constituera le flotteur. Un puits central y permettra le passage du tube, constitué par des tôles soudées de 3^{mm},5 dans le haut, 3^{mm} dans le bas. Diamètre du tube : 3^m,50, profondeur atteinte 700^m, ce qui, dans les mers à cet égard privilégiées du Brésil, lui suffira pour ramener de l'eau à 5°C. Le tube, formé de tronçons de 6^m que réuniront des brides épaisses munies de 100 boulons, sera descendu dans la mer élément par élément, grâce à un puissant appareil de levage installé commodément sur la solide plate-forme que constituera la partie supérieure du flotteur.

L'usine thermique proprement dite comporte une enceinte cylindrique de 25^m de long et de 6^m de diamètre, placée au-dessus du pont supérieur, son axe horizontal à 10^m environ au-dessus du niveau de la mer. Le vide sera maintenu dans cette enceinte par l'extracteur centrifuge des gaz dissous, étudié pour moi par notre regretté Confrère Rateau (1). Ainsi l'eau chaude et l'eau froide monteront dans cette enceinte, sous l'action du vide, par des colonnes barométriques, aidées d'ailleurs dans leur circulation par des pompes centrifuges.

Avant d'entrer dans l'enceinte, cette eau froide et cette eau chaude traverseront des dégazeurs reliés aux étages supérieurs de l'extracteur des gaz.

L'enceinte, constituée par des tôles soudées de 12^{mm}, est divisée, par des *cloisons transversales* qui augmentent sa solidité, en quatre compartiments d'ébullition et cinq compartiments de condensation. Les torrents de vapeur produits dans chacun des compartiments d'ébullition par l'eau de surface, qui éclatera, en quelque sorte, à son entrée dans le vide, passeront par des ouvertures circulaires de 2^m,50 de diamètre pratiquées au haut des cloisons, cette vapeur étant en effet aspirée par l'eau froide qui circule dans les deux compartiments de condensation adjacents. Cette vapeur actionnera, en passant, des turbines placées dans ces ouvertures. Il y aura donc huit turbines, placées sur un arbre unique et elles donneront chacune 275 kw pour un écart de températures eau chaude-eau froide de 22°. Ces turbines ont été réalisées, sur nos desseins, par les Établissements Malicet et Blin. En bouts d'arbres, extérieurement à l'enceinte, sont placés un alternateur de 800 kw et un compresseur rotatif d'ammoniaque de 1300 kw. L'eau chaude sera prise en surface de la mer par un tuyau de 2^m de diamètre, dans lequel puiseront les pompes, à raison de deux par compartiment d'ébullition. L'eau froide sera semblablement puisée par des pompes dans une conduite de 2^m de diamètre, aboutissant au puits d'eau froide de 3^m de diamètre, connecté lui-même au tube sous-marin par un tuyau de toile en accordéon prévu pour la légère dépression,

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1778.

et aisément amovible par scaphandrier. Débit d'eau chaude prévu pour la pleine charge : 6 m³/s; d'eau froide : 5 m³/s. L'eau usagée sera renvoyée à la mer sous la surface par un collecteur unique de 2m,80 de diamètre.

Une partie de la condensation se fera par mélange, le reste par des condenseurs à surface : ceux-ci fourniront l'*eau distillée,* dont la nécessité apparaîtra ci-après.

Une turbine auxiliaire, actionnée par les chaudières du bateau et attelée à un alternateur de 250 kw, fournira l'énergie nécessaire pour le démarrage de l'usine.

Aussitôt terminée l'installation du tube sur la côte brésilienne, en un lieu qui sera déterminé par l'appareil Langevin à ultrasons du bord, on procédera à la mise en route et à l'essai en charge au moins partielle de l'usine thermique ci-dessus, indépendamment de l'utilisation de l'énergie produite. C'est seulement après qu'on aura cette usine bien en main et que les mesures nécessaires auront été faites, qu'on passera au démarrage de l'*usine d'utilisation de l'énergie*, dont je vais parler.

C'est qu'en effet, comme je l'ai dit (*loc. cit.*), ma conception d'une usine sur bateau a entraîné une sujétion. Cette usine sur bateau est trop peu importante pour qu'on puisse songer à envoyer à la côte l'énergie produite. Il faut utiliser *sur place* cette énergie. Or, parlant d'une application spécialement indiquée en ces régions, la fabrication de la glace destinée à *lutter contre la chaleur* pour améliorer la vie, j'ai dit que la mer y aura la particularité précieuse et très curieuse d'agir, en quelque sorte, au second degré. Non seulement, en effet, la mer sera la source de l'énergie, mais elle permettra de l'utiliser incomparablement mieux qu'on pourrait le faire à terre.

En effet, le nombre de frigories que peut produire l'unité d'énergie dépend de l'écart de températures qu'on doit réaliser. Or, dans les usines à glace de cette région, on ne dispose que d'eau à 25 ou 30°, d'où un écart de températures de plus de 35° pour la fabrication de la glace, tandis que cet écart ne sera que de 12 à 15° sur mon bateau, grâce à la présence de l'eau du fond à 5°. De là des rendements de glace *triples* de ceux possibles sur la côte.

La production frigorifique sera assurée par un compresseur rotatif d'ammoniaque réalisé par la Maison Rateau, aspirant à 3,3 atm absolus et refoulant au condenseur à 5,8 atm abs. seulement, grâce au refroidissement par l'eau du fond. Le rendement effectif ressortira ainsi au chiffre remarquable de 8000 frigories par kw-h *mécanique* appliqué sur l'arbre, l'énergie mécanique étant en effet fournie ici directement, sans aucune transformation, par les turbines génératrices.

Le compresseur aspirera l'ammoniaque en voie d'évaporation dans deux congélateurs très spéciaux. Chacun de ces congélateurs comporte une virole cylindrique de 5m,50 de diamètre, fermée haut et bas de deux plaques tubulaires en acier de 4cm d'épaisseur, fortement entretoisées. Dans ces plaques sont dudjonnés 12000 tubes *tronconiques*

de $1^m,40$ de long, 24^{mm} de diamètre dans le bas et 30^{mm} dans le haut, dans lesquels l'eau se congèlera.

Le congélateur se continue au-dessus de la plaque tubulaire supérieure en un réservoir de 2^m de haut, plein *d'eau distillée glacée* venant des condenseurs à surface. L'eau remplira donc automatiquement les tubes. La congélation s'effectuera en un temps très court, 15 à 20 minutes, grâce aux faibles dimensions des tubes. On refoulera alors dans l'ammoniaque liquide du congélateur l'ammoniaque gazeuse et chaude refoulée par le compresseur Rateau. La liquéfaction de ce gaz relèvera rapidement, en 2 ou 3 minutes, la température du bain au-dessus de zéro, ce qui déterminera le décollement des *cierges* de glace, qui remonteront à la surface du réservoir d'eau; là, ils seront happés par des râteaux vers un tapis roulant qui les déversera dans le chaland en chargement. Pendant ce temps, les tubes se trouvant automatiquement chargés en eau, une nouvelle congélation recommencera, et ainsi de suite, à raison de trois opérations par heure, si nos prévisions sont correctes.

Ainsi seront réduites à leur extrême limite les manipulations, malgré la production considérable, les deux congélateurs étant capables de 1000 tonnes de glace en 24 heures. Ceci n'est cependant que la *moitié* de la puissance de production permise par l'usine thermique et que compléteront, pour l'avenir, en cas de succès, deux autres congélateurs.

J'ajouterai que le bateau prêt à l'exploitation coûtera 9 millions; qu'une seconde édition coûterait évidemment moins cher, soit au plus 8 millions. Mais ceci est à la fois le prix de l'usine de force motrice et de l'usine d'utilisation. La part de celle-ci est d'environ 2,5 millions. Reste pour l'usine Claude-Boucherot 5,5 millions pour 2000 kw environ, soit 3000^{fr} le kw.

Si donc les résultats espérés sont obtenus, on voit que le prix de moins de 2000^{fr} par kw que j'ai avancé pour les grosses usines de l'avenir semble justifié.

Je remercie pour leur précieux concours le Directeur des *Chantiers de France*, M. Lefol et ses collaborateurs MM. Feyzeau, Gardie et Milne, qui ont dû résoudre avec nous un certain nombre de problèmes inaccoutumés. Je remercie également mes collaborateurs Congy et Daimé.

J'ai confié le commandement du bateau à M. Rallier du Baty, ancien collaborateur du Dr Charcot. La direction de l'usine thermique et frigorifique sera assurée par M. Daimé, dont j'ai déjà dit les tours de force dans mes essais de Cuba. Enfin, grâce à la Société *L'Air liquide*, je serai assuré des services de M. Le Rouge, qui, depuis 20 ans, a été un de mes meilleurs collaborateurs dans mes travaux sur l'air liquide et la synthèse de l'ammoniaque.

Le départ du *Tunisie* est prévu pour le 15 août, si rien ne vient s'y opposer.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Une visite au* Tunisie; par M. D'ARSONVAL.

La description, pourtant si claire de notre Confrère Georges Claude, ne donne qu'une faible idée de l'émotion que cause la visite détaillée de sa nouvelle usine flottante pour l'utilisation de l'énergie thermique des mers.

Cette émotion, je l'ai éprouvée samedi en visitant à Dunkerque le *Tunisie* avec quelques-uns de nos Confrères qui l'ont partagée.

Une fois de plus je me suis rendu compte des difficultés que doit vaincre le savant pour passer du laboratoire à l'usine, de l'idée scientifique à sa réalisation industrielle.

Une fois de plus j'ai vu combien l'Académie avait eu raison de suivre ceux d'entre nous qui, pour augmenter son prestige, lui conseillaient de créer une Section spéciale des applications de la science à l'industrie.

Toute idée nouvelle, dans le domaine de l'invention, doit lutter, pour sa réalisation, et contre la matière et contre les hommes.

Le problème le plus compliqué paraît toujours simple quand il est résolu.

Mais avant d'en arriver là il a fallu passer par trois étapes qui n'ont pas été épargnées à notre Confrère pour la plupart de ses si originales inventions.

Première étape. — L'idée est déclarée irréalisable pour un tas de bonnes raisons que suggère en foule notre inertie cérébrale endormie sur des théories devenues classiques.

Deuxième étape. — Si l'auteur montre par quelques expériences bien conduites que son idée n'est pas en contradiction avec les faits ; mais, elle n'est pas nouvelle, lui dit-on alors, et l'on cherche à lui opposer des antériorités plus ou moins justifiées qui diminuent son mérite ou le découragent.

Troisième étape. — L'idée a reçu une application devenue pratique et familière au public. Mais alors cette idée paraît tellement évidente qu'il n'y a plus aucun mérite à l'avoir réalisée. Il fallait y penser, voilà tout, dit-on à l'auteur.

Eh bien, j'ai de bonnes raisons personnelles d'affirmer qu'il ne suffit pas d'émettre une idée pour la réaliser.

Claude a rappelé ici même que j'avais émis l'idée d'utiliser l'énergie thermique des mers il y a cinquante ans passés (en 1881). Il y avait quelque

mérite de sa part puisqu'il avait déjà résolu le problème, à sa façon, avant de connaître ma publication.

Mais, sans Claude et son collaborateur, mon idée dormirait encore. Le vrai père est donc celui qui féconde, celui qui réalise. Laissons à l'émetteur le titre de *parrain* s'il tient au nouveau-né.

Voilà la première impression que m'a causé la visite du *Tunisie*.

Il en est une seconde : c'est l'utilité, la bienfaisance même dirai-je, des obstacles à vaincre pour qu'un homme, né pour l'action, puisse donner toute sa mesure. Cette usine flottante en a soulevé de nombreux et des plus difficiles à surmonter. Ils l'ont été par Claude avec une simplicité qui a fait l'admiration de connaisseurs tels que ceux qui dirigent les chantiers de France. M. Le Fol, mon très aimable cicerone dans cette visite, n'a cessé de me dire avec une modestie charmante combien se trouvaient honorés ses ingénieurs et lui-même d'une collaboration avec notre Confrère.

Enfin la troisième impression que j'ai rapporté de mon voyage à Dunkerque c'est que l'idée de l'aide que l'industriel doit au savant, et, réciproquement, fait de sensibles progrès.

L'argent gagné par les applications de la science doit, en partie, aider à son développement ultérieur.

C'est une pensée généreuse que notre Confrère met une fois de plus en pratique et pour laquelle je lui souhaite beaucoup de plagiaires.

Les vœux de l'Académie des Sciences accompagnent celui de ses membres qui a déjà tant fait pour son bon renom à l'étranger.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie de diverses publications à la rédaction desquelles il a collaboré, savoir :

1° Un compte rendu de l'*Inauguration de la Statue de* Laplace à Beaumont-en-Auge, le 3 juillet 1932.

2° Un exposé historique des travaux du *Nivellement général de la France*, de 1878 à 1927.

3° Un compte rendu de la *Cinquième Assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale*, réunie à Lisbonne en septembre 1933.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet à exposants linéairement indépendants.* Note [1] de M. **Natan Aronszajn**, présentée par M. Hadamard.

Le but de la Note présente est de démontrer un théorème général concernant les séries de Dirichlet

(1) $$f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s} \qquad (0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \ldots \to \infty),$$

à exposants linéairement indépendants [2]. Ce théorème renferme comme cas très particuliers certains théorèmes de H. Bohr [3] et de Mandelbrojt [4].

Nous aurons besoin de la notion suivante : soit $\mathcal{D}$ un domaine ouvert, simplement connexe, contenu dans le demi-plan $\sigma > 0$. Nous dirons que la suite des exposants λ_n correspond au domaine $\mathcal{D}$, si, pour toute série (1) aux exposants λ_n, admettant une abscisse de convergence absolue et telle que la fonction $f(s)$ définie par cette série est prolongeable et bornée dans $\mathcal{D}$, les coefficients $|a_n|$ sont bornés.

Voici quelques exemples :

I. Soit $\mathcal{D}$ le demi-plan $\sigma > 0$. On démontre alors facilement que toute suite d'exposants correspond a ce domaine $\mathcal{D}$.

II. Soit $\mathcal{D}$ le domaine $\mathcal{D}(\lambda)$ [5] de Mandelbrojt. D'après un théorème de M. Mandelbrojt [6], toute suite $\{\lambda_n\}$ telle qu'aucune différence $\lambda_{n'} - \lambda_{n''}$ n'est un entier, correspond au domaine $\mathcal{D}(\lambda)$.

III. Soit $\mathcal{D}$ un domaine compris dans un demi-plan $\sigma > \sigma' > 0$. On démontre alors sans peine qu'il n'existe aucune suite $\{\lambda_n\}$ correspondant à $\mathcal{D}$.

---

(1) Séance du 23 juillet 1934.

(2) C'est-à-dire tels qu'il n'existe aucune relation $m_1\lambda_{l_1} + \ldots + m_k\lambda_{l_k} = 0$ avec des coefficients m_j entiers.

(3) *Acta math.*, 36, 1913, p. 197.

(4) *Bull. Soc. math.*, 60, 1932, p. 208.

(5) Pour la définition de $\mathcal{D}(\lambda)$, comp. Mandelbrojt, *loc. cit.*, p. 209. Ce domaine est contenu dans le demi-plan $\sigma > 0$ et contient le demi-plan $\sigma > \lambda$.

(6) *Loc. cit.*, p. 211.

Nous pouvons maintenant énoncer notre théorème :

Supposons que la série (1) *à exposants linéairement indépendants admet une abscisse de convergence absolue. Supposons ensuite que toutes les combinaisons linéaires* $m_1\lambda_{l_1}+\ldots+m_k\lambda_{l_k}$ *avec des* m_k *naturels, ordonnées par ordre de grandeur, forment une suite* $\{\mu_r\}$ *correspondant à un domaine* $\mathcal{D}$ *du genre considéré plus haut. Dans ces conditions, si la fonction* $u=f(s)$ *est prolongeable d'une manière méromorphe dans tout le domaine* $\mathcal{D}$ *et n'y prend pas trois valeurs* u_1, u_2 et u_3 *différentes de* 0 ([1]), *la série* (1) *converge absolument dans tout le demi-plan* $\sigma>0$ *et ses valeurs dans ce demi-plan appartiennent au cercle* $|u|<\min|u_\nu|$.

Démonstration. — On peut déduire de la fonction inverse à la fonction modulaire, par une homographie convenable, une fonction $\chi(u)$ prolongeable sur tout chemin du plan u évitant les trois points u_1, u_2 et u_3, et telle que $|\chi(u)|<1$.

Dans un petit voisinage de $u=0$, choisissons une branche de $\chi(u)$ et développons-la en série de Taylor

$$\chi(u)=\Sigma A_n u^n. \tag{2}$$

Le rayon de convergence de (2) est évidemment $=\min|u_\nu|$, d'où

$$\limsup_{n=\infty} \sqrt[n]{A_n}=\frac{1}{\min|u_\nu|}. \tag{3}$$

D'après nos hypothèses, il existe un $\sigma'>0$ tel que $\Sigma|a_n|e^{-\lambda_n\sigma'}<\min|u_\nu|$. Pour $\sigma>\sigma'$, on a alors $|f(s)|<\min|u_\nu|$ et l'on peut écrire

$$\chi[f(s)]=\Sigma A_n[f(s)]^n.$$

D'après les propriétés de σ' on vérifie aisément que, pour $\sigma>\sigma'$, on peut même développer

$$\chi[f(s)]=\sum_{n=1}^{\infty} A_n \sum_{m_1+\ldots+m_k=n} \frac{n!}{m_1!\ldots m_k!}(a_{l_1})^{m_1}\ldots(a_{l_k})^{m_k}e^{-s(m_1\lambda_{l_1}+\ldots+m_k\lambda_{l_k})}, \tag{4}$$

où la série double est absolument convergente.

Les λ_n étant linéairement indépendants, la série (4) peut s'écrire sous la forme $\Sigma b_r e^{-\mu_r s}$, où les μ_r sont de la forme $\Sigma m_j\lambda_{l_j}$ et les b_r de la forme

$$A_n\frac{n!}{m_1!\ldots m_k!}a_{l_1}^{m_1}\ldots a_{l_k}^{m_k}.$$

([1]) Dont une peut être $=\infty$ dans quel cas $f(s)$ est holomorphe dans $\mathcal{D}$.

D'après nos hypothèses, $\chi[f(s)]$ est prolongeable dans $\mathcal{D}$ et l'on y a $|\chi[f(s)]| < 1$. La suite $\{\mu_r\}$ correspond au domaine $\mathcal{D}$, donc

$$(5) \qquad \left| A_n \frac{n!}{m_1! \ldots m_k!} a_{l_1}^{m_1} \ldots a_{l_k}^{m_k} \right| < M, \textit{ pour un } M \textit{ constant.}$$

Fixons k et les l_j. Prenons k nombres positifs $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$ avec $\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_k = 1$. Pour chaque n, posons $m_j = \mathrm{E}\, n\alpha_j$ [1] pour $j = 1, 2, \ldots, (k-1)$ et $m_k = n - (m_1 + m_2 + \ldots + m_{k-1})$.

Il est clair que $\lim\limits_{n=\infty} m_j/n = \alpha_j$ pour $j = 1, 2, \ldots, k$. D'après la formule de Stirling, on trouve ensuite que

$$\lim_{n=\infty} \sqrt[n]{\frac{n!}{m_1! \ldots m_k!}} = \alpha_1^{-\alpha_1} \ldots \alpha_k^{-\alpha_k},$$

donc, d'après (3) et (5), il s'ensuit

$$(6) \qquad \frac{1}{\min |u_\nu|} \alpha_1^{-\alpha_1} \ldots \alpha_k^{-\alpha_k} |a_{l_1}|^{\alpha_1} \ldots |a_{l_k}|^{\alpha_k} \leqq 1.$$

En posant maintenant $\alpha_j = \dfrac{|a_{l_j}|}{|a_{l_1}| + |a_{l_2}| + \ldots + |a_{l_k}|}$ [2] on tire de (6) directement que $|a_{l_1}| + a_{l_2}| + \ldots + |a_{l_k}| \leqq \min |u_\nu|$. Les entiers k et l_j pouvant être choisis arbitrairement, on en déduit, pour $\sigma > 0$,

$$|f(s)| \leqq \Sigma\, |a_n|\, e^{-\lambda_n \sigma} < \Sigma\, |a_n| \leqq \min |u_\nu|. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le calcul effectif des polynomes d'approximation de Tchebichef.* Note [3] de M. **Eugène Remes**, présentée par M. Émile Borel.

Nous supposerons, comme dans une Note antérieure [4], qu'il s'agit de l'approximation d'une fonction continue $f(x)$ dans un intervalle continu (a, b), les raisonnements se généralisant en réalité, plus ou moins immédiatement, pour d'autres problèmes variés. On cherche un polynome $\pi_n(x)$ de degré $\leqq n$, tel que le maximum de $|f(x) - \pi_n(x)|$ dans (a, b) soit le plus petit possible.

Soit $p_n(x)$ un polynome (non pas d'approximation minimum) de

---

(1) $\mathrm{E}x$ = le plus grand entier $\leqq x$.

(2) Nous pouvons évidemment admettre que les a_{l_j} sont différents de o.

(3) Séance du 23 juillet 1934.

(4) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2063-2065. En nous rapportant à cette Note dans la suite, nous la désignerons Note I.

degré $\leq n$, tel que la différence $\Delta(x) = f(x) - p_n(x)$ soit de signes alternés en $n+2$ points consécutifs $x_0 < x_1 < x_2 < \ldots < x_{n+1}$ de l'intervalle (a, b). Supposons ces $n+2$ points choisis [$p_n(x)$ étant donné] de telle manière que :

1° la plus petite des $n+2$ quantités $|\Delta(x_i)|$ ait une valeur aussi grande que possible; nous désignerons cette valeur par A, elle dépend évidemment du polynome $p_n(x)$ lui-même;

2° que la plus grande des $n+2$ quantités $|\Delta(x_i)|$ soit égale au maximum L de $|\Delta(x)|$ dans (a, b) ou, plus généralement, que le plus grand des $n+2$ rapports $|\Delta(x_i)| - A/L - A$ reste au-dessus d'une certaine borne positive fixée par avance.

Remarquons qu'entre les deux nombres A et L et la meilleure approximation ρ subsistent bien les inégalités (cf. la Note I)

$$A < \rho < L.$$

Nous allons définir tout de suite, en nous appuyant sur quelques résultats fondamentaux dus à M. C. de la Vallée Poussin, un simple algorithme, différent de celui qui fut défini dans la Note I, pour déterminer une correction $\Omega_n(x)$ au polynome $p_n(x)$, sous forme encore d'un polynome de degré $\leq n$, de telle sorte que, lors d'une application *itérative* de l'algorithme, on ait $\lim A = \rho$ et, en même temps, $\lim L = \rho$.

L'algorithme en question consistera essentiellement en ce qu'*ayant choisi les $n+2$ points $x_0 < x_1 < \ldots < x_{n-1}$ conformément aux conditions expliquées ci-dessus, nous prendrons comme correction $\Omega_n(x)$ le polynome d'approximation minimum de degré $\leq n$ de la fonction $\Delta(x)$ sur l'ensemble des $n+2$ points mentionnés.*

La différence entre $f(x)$ et le polynome corrigé $p_n(x) + \Omega_n(x)$ prendra aux mêmes points $x_0, x_1, \ldots, x_{n+1}$ des valeurs à signes alternés et égales en module au nombre [1]

$$\rho' = \frac{a_0 |\Delta(x_0)| + a_1 |\Delta(x_1)| + \ldots + a_{n+1} |\Delta(x_{n+1})|}{a_0 + a_1 + \ldots + a_{n+1}},$$

où

$$a_i = \frac{1}{[(x_i - x_0)(x_i - x_1)\ldots(x_i - x_{i-1})(x_{i+1} - x_i)\ldots(x_{n+1} - x_i)]}.$$

---

(1) Cf. C. DE LA VALLÉE POUSSIN, *Sur les polynomes d'approximation et la représentation approximative d'un angle*, nos 10-12 (*Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique*, 1910).

ρ' est ainsi une moyenne arithmétique généralisée, à poids positifs, des $n+2$ nombres positifs $|\Delta(x_i)|$, donc sa grandeur est intermédiaire entre le plus petit et le plus grand de ces nombres. D'une manière plus précise, aucune des différences $x_i - x_j$ ne pouvant être infiniment petite que simultanément avec A (ce qui peut s'établir le plus simplement à l'aide d'un théorème dû encore à M. de la Vallée Poussin, *op. cit.*, n° 8), il s'ensuit que dans le procédé itératif, que nous avons en vue ici, les poids a_i seront tous contenus entre deux bornes positives fixes. Donc on aura d'abord

$$\rho' - A > \theta(L - A) > \theta(\rho - A),$$

en désignant par θ un certain nombre positif *fixe*, plus petit que 1. Il s'ensuit qu'en répétant le même algorithme par rapport au polynome corrigé $p_n(x) + \Omega_n(x)$ et ainsi de suite, la différence $\rho - A$ *tendra vers zéro*, du moins en progression géométrique. Or, *en même temps*, on aura aussi $L - \rho \to 0$, comme $L - \rho < L - A < \rho' - A/\theta < \rho - A/\theta$.

En prenant l'un quelconque des deux algorithmes, définis l'un dans notre Note I et l'autre dans la présente Note, comme base d'un procédé itératif convergent, on pourra disposer de la marge restante, quant au choix de certains éléments, pour satisfaire simultanément aux exigences essentielles de l'autre algorithme, c'est-à-dire qu'en construisant la correction $\omega_n(x)$ ou $\Omega_n(x)$ on abaissera *chaque fois* L en haussant en même temps A. C'est par une telle réunion des deux algorithmes qu'on cherchera, en général, à assurer une convergence assez rapide du procédé.

Application. — Le problème de la meilleure approximation de $\|x\|$ dans l'intervalle $(-1, 1)$ par un polynome de degré $\leq 2m+1$ est équivalent (cela est connu) au problème de l'approximation de $\sqrt{x}$ dans l'intervalle $(0, 1)$ par un polynome de degré $\leq m$. Nous avons réalisé le calcul approché des polynomes d'approximation, pour $m = 2, 3, 4, 5$, en appliquant l'algorithme exposé dans la présente Note [1]. Une approximation de départ était obtenue en construisant le problème d'approximation minimum pour $\sqrt{x}$ sur l'ensemble des $m+2$ points $x_i = 1/2[1 + \cos(\pi - i\pi/m+1)]$ $(i = 0, 1, \ldots, m+1)$. Ensuite, *deux corrections* consécutives étaient appliquées en prenant chaque fois, comme points $x_0, x_1, \ldots, x_{m+1}$, les points *maxima* et *minima* de $\Delta(x)$, les extrémités de l'intervalle incluses. Ainsi les expressions approchées suivantes des polynomes d'approximation sont

---

[1] Les calculs sont effectués par trois étudiantes de l'Université de Kiev, Mlles Linnik, Kouniavska et Masanovska.

trouvées pour $|x|$:

$$\pi_5(x) = 0,067621 + 1,930286x^2 - 1,065522x^4; \quad L = 0,067522.$$

$$\pi_7(x) = 0,045928 + 2,867830x^2 - 4,177453x^4 + 2,309623x^6; \quad L = 0,045936.$$

$$\pi_9(x) = 0,034680 + 3,809830x^2 - 10,363280x^4 + 13,719487x^6 - 6,235392x^8;$$
$$L = 0,034699.$$

$$\pi_{11}(x) = 0,027837 + 4,753770x^2 - 20,646839x^4 + 47,776685x^6 - 49,593272x^8 + 18,709656x^{10}; \quad L = 0,027853.$$

La différence $L - \rho$ est trouvée pour toutes les expressions obtenues inférieure à 10^{-5}.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières et méromorphes de deux variables complexes.* Note (1) de M. **Stefan Bergmann**, transmise par M. Élie Cartan.

Nous reprenons ici les notions et les notations précédentes (2).

Soit

$$\mathfrak{f}^2(r) = E[|z_1| = r, |z_2| = Ar^\alpha \equiv r_2] \quad (^3),$$

la surface maximum du bicylindre $\mathfrak{C}(r)$ et posons

$$\mathfrak{s}^3 \equiv \sum_{r=0}^{\infty} \mathfrak{f}^2(r).$$

Soit $\mathfrak{U}^2$ la variété-zéro d'une fonction $f = n/p$ méromorphe dans $|z_k| < \infty$ ($k = 1, 2$), n et p étant premiers entre eux.

Introduisons les expressions

$$\mathbf{N}[\mathfrak{f}^2(r), f^{-1}] = \mathbf{M}_{\varphi_1}\mathbf{M}_{\varphi_2}[\log|n(re^{i\varphi_1}, r_2e^{i\varphi_2})|] - \log|n(0,0)| \quad (^4);$$

$$\mathbf{n}[\mathfrak{f}^2(r), f^{-1}] = \frac{d\mathbf{N}}{d\log r}; \qquad \mathbf{E}_\lambda[\mathfrak{f}^2(r), f^{-1}] = \int_0^r \frac{d\mathbf{n}}{r^\lambda};$$

$$\mathbf{m}[\mathfrak{f}^2(r), f^{-1}] = \mathbf{M}_{\varphi_1}\mathbf{M}_{\varphi_2}\left[\overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi_1}, r_2e^{i\varphi_2})|\right],$$

$\mathbf{M}_\varphi[\ldots]$ désignant la valeur moyenne $(2\pi)^{-1}\int_0^{2\pi}[\ldots]\,d\varphi$.

---

(1) Séance du 23 juillet 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1743.

(3) E[ ] désigne ici l'ensemble des points $\{z_1, z_2\}$ satisfaisant à la propriété exprimée entre les crochets.

(4) L'expression **N** a déjà été considérée par MM. Bloch (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 276) et Henri Cartan (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1374, et 189, 1929, p. 521).

Soit $g(z, \rho)$ une fonction d'une variable complexe z, régulière dans $|z| \leqq r$ et dépendant d'une façon continue de ρ. Soient ensuite $a_s(\rho)$ $[s=1, 2, \ldots, l(\rho)]$ les points zéros de g, situés dans $|z| \leqq r$. Nous désignerons leur nombre $l(\rho)$ par $\nu[r; g(z, \rho)]$, la somme $\Sigma \log |a_s(\rho)|$ par $\mathcal{L}[r; g(z, \rho)]$ et $d\mathcal{L}/d \log \rho$ par $\mathcal{E}[\rho; r; g(z, \rho)]$. On a (en général)

$$\mathbf{n}[\mathfrak{F}^2(r), f^{-1}] = \mathbf{M}_\varphi \{ \nu[r; n(z, r_2 e^{i\varphi})] - \alpha \mathcal{E}[r_2; r; n(z, r_2 e^{i\varphi})] \} + \alpha \nu [r_2; n(0, z)].$$

Posons

$$\mathfrak{G}^4_\Delta = \mathrm{E}[\mathrm{A} |z_1|^\alpha \leqq |z_2| \leqq \Delta], \qquad \mathfrak{s}^3_\Delta = \mathrm{E}[\mathrm{A} |z_1|^\alpha = |z_2| \leqq \Delta],$$
$$\mathfrak{r}^3 = \mathrm{E}[\arg z_2 = \varphi_2 = \text{const.}], \qquad \mathfrak{f}^3_\Delta = \mathfrak{G}^4_\Delta . \mathfrak{r}^3, \qquad \mathfrak{S}^2_\Delta = \mathfrak{s}^3_\Delta . \mathfrak{r}^3 \quad (^1).$$

On peut présenter $\mathfrak{N}^2$ au voisinage de chaque point $\{ z^0_1, z^0_2 \} \subset \mathfrak{G}^4_\Delta$ sous la forme

$$z_1 = a_k(z_2), \qquad a_k(z_2) = z^0_1 + \beta (z_2 - z^2_0)^{l_k} + \ldots,$$

l_k étant rationnel. Il nous sera commode d'appeler *points exceptionnels* les points de $\mathfrak{N}^2$ pour lesquels ou bien $z^0_1 = 0$ ou bien l_k n'est pas un entier.

Soient

$$\{ Z^{(s)}_1(\varphi_2) = a_k(r_2 e^{i\varphi_2}), \; Z^{(s)}_2 = r_2 e^{i\varphi_2} \}$$

les points d'intersection de $\mathfrak{N}^2$ avec $\mathfrak{S}^2_\Delta$ (²). On attache à chacun de ces points un nombre δ_s égal à 1, 0 ou -1 suivant que

$$\frac{d |a_k(r_2 e^{i\varphi_2})|}{dr_2} \text{ est } >, = \text{ ou } < \frac{d \left| \frac{r_2}{\mathrm{A}} \right|^{\frac{1}{\alpha}}}{dr_2} \quad (^3).$$

Soient ξ_2 les points zéros de $n(0, z_2)$ situés dans $|z| \leqq \Delta$. En posant $\Delta = \mathrm{A}\sigma^\alpha$, $\mu = \lambda / \alpha$ et en faisant quelques hypothèses sur f, on a

$$\mathbf{E}_\lambda[\mathfrak{F}^2(\sigma), f^{-1}] = \mathbf{M}_{\varphi_2} \Big[\Sigma \delta_3 |Z^{(s)}_1(\varphi_2)|^{-\lambda} - \lambda^2 \int_0^\sigma r^{-(\lambda+1)} \mathcal{L}[r; n(z, r_2 e^{i\varphi_2})] \, dr$$
$$- \alpha\sigma^{-\lambda} \mathcal{E}[\Delta; \sigma; n(z, \Delta e^{i\varphi_2})] - \lambda\sigma^{-\lambda} \mathcal{L}[\sigma; n(z, e^{i\varphi_2})] \Big]$$
$$+ \alpha \mathrm{A}^\mu \Sigma |\zeta_2|^{-\mu} + \Sigma l_k \mathrm{R}_n^{-\lambda},$$

(¹) Le produit $\mathfrak{A}.\mathfrak{B}$ de deux ensembles $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{B}$ désigne l'ensemble commun de ces deux ensembles.

(²) Nous omettons ici les cas exceptionnels, faciles à déterminer, où l'ensemble $\mathfrak{N}^2 . \mathfrak{S}^2_\Delta$ est formé d'un nombre infini de points.

(³) Pour $d|a_k|/dr_2 < 0$, on a $\delta_s = 1$; dans quelques cas exceptionnels on a aussi pour $d|a_k|/dr_2 = 0$, $\delta_s = \pm 1$.

la dernière sommation étant étendue à tous les points exceptionnels, situés dans $\mathfrak{G}^4_\Delta$.

En répétant les procédés de MM. Nevanlinna, Valiron et autres, on obtient les résultats suivants :

Théorème. — *Soit* $f(z_1, z_2)$ $[f(0, 0) \neq 0, f(0, 0) \neq a, f(0, z_2) \not\equiv 0]$ *une fonction méromorphe dans* $|z_k| < \infty$, $k = 1, 2$, *et régulière au voisinage de* $z_k = 0$. *On a*

$$\mathbf{m}[\mathfrak{S}^2(r), (f-a)^{-1}] + \mathbf{N}[\mathfrak{S}^2(r), (f-a)^{-1}] = \mathbf{T}[\mathfrak{S}^2(r), f] + h(r);$$
$$\mathbf{T}[\mathfrak{S}^2(r), f] \equiv \mathbf{m}[\mathfrak{S}^2(r), f] + \mathbf{N}[\mathfrak{S}^2(r), f],$$
$$|h(r)| \leq \left|\overset{+}{\log}|f(0, 0) - a|\right| + \overset{+}{\log}|a| + \log 2.$$

Appelons *ordre apparent de* f sur $\mathfrak{s}^3$ la quantité $\lim_{r \to \infty} \log \mathbf{T}[\mathfrak{S}^2(r), f]/\log r$. Nous retrouvons alors un théorème analogue à celui de M. Hadamard dans la forme de Nevanlinna-Valiron.

Théorème. — *Si* f *possède sur* $\mathfrak{s}^3$ *l'ordre apparent* λ

$$\mathbf{N}[\mathfrak{S}^2(r), (f-a)^{-1}], \quad \mathbf{n}[\mathfrak{S}^2(r), (f-a)^{-1}], \quad \mathbf{m}[\mathfrak{S}^2(r), (f-a)^{-1}]$$

sont au plus d'ordre λ *et pour chaque* $\gamma > \lambda$ *l'expression* $\lim_{r \to \infty} \mathbf{E}_\gamma[\mathfrak{S}^2(r), (f-\alpha)^{-1}]$ *existe.*

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Méthode générale de statistique applicable à des particules indiscernables.* Note [1] de M. **Georges Allard**, présentée par M. Paul Langevin.

La loi de répartition statistique des molécules d'un gaz peut s'établir de la façon suivante, qui n'est d'ailleurs qu'une extension de la méthode de Planck, et qui permet une analyse plus fine de la répartition que les méthodes maintenant classiques de Bose-Einstein et de Fermi-Dirac.

En reprenant des notations presque classiques, appelons g_i le nombre de cellules d'extension en phase, d'étendue h^3, correspondant à une énergie E_i; parmi ces g_i cellules, il y en a $g_i^{(0)}$ qui ne contiennent aucune particule, $g_i^{(1)}$ qui en contiennent une, etc., $g_i^{(k)}$ qui en contiennent k, etc. Si, à un certain moment, nous voulons introduire le principe de Pauli, nous le ferons en

[1] Séance du 23 juillet 1934.

écrivant que tous les $g_i^{(k)}$ sont nuls sauf $g_i^{(0)}$ et $g_i^{(1)}$. La probabilité d'une distribution, mesurée par le nombre de complexions correspondant à cette distribution, s'obtiendra en calculant le nombre de façons de répartir les g_i cellules en groupes de $g_i^{(0)}, g_i^{(1)}, \ldots$, et en faisant le produit pour toutes les valeurs de l'indice i. On trouve ainsi, pour cette probabilité W en développant les factorielles par la formule de Stirling,

$$\log W = \sum_i g_i \log g_i - \sum_{i,k} g_i^{(k)} \log g_i^{(k)}.$$

Pour trouver la répartition la plus probable, on doit écrire que cette quantité est maximum en tenant compte des relations suivantes :

$$\sum_k g_i^{(k)} = g_i,$$

$$\sum_{i,k} k g_i^{(k)} = N \qquad \text{(nombre total de particules)},$$

$$\sum_{i,k} k E_i g_i^{(k)} = U \qquad \text{(énergie totale)}.$$

Cette détermination se fait par les méthodes classiques, et l'on trouve

$$g_i^{(k)} = \alpha_i e^{-k(\gamma+\beta E_i)},$$

les α_i, β et γ étant des constantes que l'on détermine par les équations de condition précédentes. Cette formule, qui se présente ici comme la relation fondamentale, peut aussi se démontrer, quoique moins simplement, par la méthode de Bose-Einstein par exemple, et joue un rôle important dans l'étude de l'équilibre statistique entre la matière et le rayonnement, comme l'a montré M. Langevin [1].

Envisageons successivement trois cas particuliers :

1° Le nombre k peut prendre toutes les valeurs possibles de zéro à l'infini. A la condition que $\gamma + \beta E_i$ soit positif, on forme alors facilement la somme

$$g_i = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha_i e^{-k(\gamma+\beta E_i)} = \frac{\alpha_i}{1 - e^{-(\gamma+\beta E_i)}},$$

expression qui donne α_i et d'où l'on peut ensuite tirer le nombre n_i de parti-

(1) *Cours du Collège de France*, 1927.

cules ayant l'énergie E_i :

$$n_i = \sum_{k=0}^{\infty} k g_i^{(k)} = \frac{g_i}{e^{\gamma+\beta E_i} - 1}.$$

On retrouve la formule de répartition de Bose-Einstein.

2° Le nombre k ne peut prendre que les valeurs 0 et 1. On a alors

$$g_i = \alpha_i[1 + e^{-(\gamma+\beta E_i)}],$$
$$n_i = g_i^{(1)} = \frac{g_i}{e^{\gamma+\rho E_i} + 1}.$$

On retrouve bien la formule de répartition de Fermi-Dirac.

3° Imaginons un cas dans lequel k pourrait prendre toutes les valeurs entre zéro et un nombre fini q. On trouvera facilement

$$n_i = \frac{g_i}{e^{\gamma+p E_i} - 1} - \frac{(q+1) g_i}{e^{(q+1)(\gamma+p E_i)} - 1}.$$

Il est intéressant de faire successivement $q = 1$ (c'est le cas Fermi-Dirac) et $q = 2$, dans cette dernière équation et de constater qu'il n'y a aucun lien simple entre les deux résultats; l'existence du spin a en effet conduit, dans l'application de la statistique au gaz électronique, à doubler le nombre de cellules d'extension en phase en admettant que chaque cellule ne peut contenir plus d'un électron, ce qui revient à considérer les électrons de spin opposé comme constituant deux gaz parfaitement distincts. On aurait pu penser obtenir le même résultat en ne doublant pas le nombre de cellules, mais en permettant à chacune d'elles de contenir zéro, un ou deux électrons; la formule précédente montre que ce n'est pas vrai.

On peut aussi utiliser cette formule pour l'examen des conditions de validité de la formule de Bose-Einstein. En effet, les nombres $g_i^{(k)}$ décroissant en progression géométrique, il est bien certain que, pour une certaine valeur de k, ce nombre deviendra inférieur à l'unité, ce qui est complètement dépourvu de sens physique; aussi faudrait-il au moins borner les valeurs possibles de k à celles pour lesquelles $g_i^{(k)}$ est supérieur à l'unité. Comme, de plus, l'application de la formule de Stirling suppose que tous les nombres $g_i^{(k)}$ sont *grands*, nous allons rechercher ce que devient la statistique si l'on admet que, pour les cellules d'énergie E_i, le nombre de particules contenues dans une même case ne peut dépasser le nombre q_i tel que

$$g_i^{(q_i)} = p,$$

p étant un entier relativement grand. Les formules précédentes donnent

immédiatement le résultat

$$n_i = \frac{g_i}{e^{\gamma+\rho E_i} - 1}\left[1 - \frac{p(q_i+1)}{g_i}\right].$$

On voit que, pour que la formule de Bose-Einstein soit applicable, il faut que $p(q_i+1)$ soit négligeable devant g_i.

GÉODÉSIE. — *Observations gravimétriques en Malaisie, aux Indes Néerlandaises, au Cambodge et en Cochinchine.* Note de M. **Pierre Lejay**, présentée par M. Georges Perrier.

Au cours d'une campagne en Malaisie et dans les Indes Néerlandaises, dont les résultats seront publiés ultérieurement, j'ai vérifié de nouveau l'étalonnage du pendule Holweck-Lejay n° 42 [1]. Dans ce but, six stations ont été faites en des points où M. Vening Meinesz avait travaillé. Le tableau ci-dessous donne le nom des stations, la valeur que j'y ai trouvée pour g, la valeur g_1 adoptée par M. Vening Meinesz, enfin la différence en milligals :

Station.	g.	g_1.	Diff.
Manille	978,362	978,362	0
Menado	978,209	978,209	0
Ternate	978,198	978,187	+11
Amboyne	978,184	978,184	0
Banda	978,266	978,272	— 6
Batavia	978,160	978,160	0
»	978,158	978,160	— 2

La moyenne des différences est pratiquement nulle; les deux seules stations qui donnent des différences notables sont des îles volcaniques où il y a tout lieu de croire que le gradient horizontal est assez fort; or, comme M. Vening Meinesz travaillait en sous-marin, il m'était impossible de faire des mesures exactement au même lieu; aux deux stations en question, la distance des points d'observations était environ 2^{km} : il se pourrait qu'une partie de l'écart puisse s'expliquer ainsi.

Quoi qu'il en soit, l'accord est excellent et nous pensons pouvoir poursuivre nos mesures en Extrême-Orient avec une grande sécurité : l'homogénéité de notre réseau et de celui de M. Vening Meinesz est assurée.

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1964.

Stations.	Lat.	Long.	Alt. (1).	δ.	Dates 1934.	T_c.	g.	g''_0.	g_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	n.	ε.
	° ′	° ′	m			s	g	g	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
Saigon...........	10 46,9	106 41,5	12	2,5	20 févr.	5,2221	978,228	978,230	978,232	978,210	22	20	978,229	3	1	15	0,2
Cap. St-Jacques...	10 20	107 5	1	»	20 »	5,2148	978,205	978,205	978,205	978,196	9	9	978,215	—10	—10	15	0,2
Neui Chua Chang.	10 57	107 24	**160**	»	20 »	5,2058	978,176	978,208	978,225	978,216	9	— 8	978,235	—10	—27	11	0,3
Hon Quan........	11 39	106 37	130	»	22 »	5,2216	978,227	978,253	978,267	978,240	27	—13	978,259	— 8	— 6	12	0,3
Budop...........	11 59	106 48	150	2,7	22 »	5,2197	978,221	978,251	978,267	978,252	15	— 1	978,271	— 4	—20	15	0,2
Kratié...........	12 32	106 2	24	2,5	23 »	5,2328	978,262	978,267	978,269	978,272	— 3	— 5	978,291	—22	—24	12	0,2
Sambor..........	12 47	105 58	32	»	23 »	5,2367	978,274	978,280	978,284	978,282	2	— 2	978,301	—17	—21	9	0,4
Mimot...........	11 49	106 10	**80**	»	23 »	5,2215	978,226	978,242	978,250	978,246	4	— 4	978,265	—15	—23	12	0,4
Tai Ninh.........	11 18	106 6	15	»	23 »	5,2284	978,248	978,251	978,253	978,227	26	24	978,246	7	5	11	0,3
Vinh Long........	10 15	105 58	4	»	24 »	5,2179	978,215	978,216	978,216	978,193	23	23	978,212	4	4	12	0,2
Bac Lieu.........	9 17,5	105 44	1	»	25 »	5,2080	978,183	978,183	978,183	978,165	18	18	978,184	— 1	— 1	15	0,4
Nam Can.........	8 46	105 4	5	»	26 »	5,2023	978,165	978,166	978,166	978,149	17	17	978,168	— 2	— 2	16	0,2
Soc Trang........	9 35	105 59	5	»	1er mars	5,2112	978,193	978,194	978,194	978,172	22	22	978,191	3	3	9	0,3
Quang Vinh Duc..	10 20	105 28	8	»	7 »	5,2168	978,211	978,213	978,213	978,196	17	17	978,215	— 2	— 2	9	0,4
Ha Tien..........	10 23,5	104 30	15	»	7 »	5,2138	978,201	978,204	978,206	978,198	8	6	978,217	—11	—13	11	0,3
Hou Tren.........	10 10	104 35	26	»	8 »	5,2116	978,195	978,200	978,203	978,190	13	10	978,209	— 6	— 9	12	0,3
Bokor............	10 36	104 5	**1000**	2,6	8 »	5,1408	977,961	978,161	978,270	978,204	66	—43	978,223	47	—62	9	0,3
Kempot..........	10 36,5	104 12	3	2,5	9 »	5,2146	978,204	978,205	978,205	978,204	1	1	978,223	—18	—18	11	0,4
Takeo............	11	104 47	7	»	9 »	5,2130	978,199	978,200	978,201	978,218	—17	—18	978,237	—36	—37	9	0,3
Phnom Penh.......	11 34	104 56	13	»	9 »	5,2257	978,240	978,243	978,244	978,237	7	6	978,256	—12	—13	12	0,2
Kompong Chnang.	12 15	104 40	13	»	10 »	5,2323	978,260	978,263	978,264	978,261	3	2	978,280	—16	—17	9	0,2
Pursat...........	12 33	103 52	20	»	10 »	5,2319	978,259	978,263	978,265	978,273	— 8	—10	978,292	—27	—29	9	0,2
Battambang.......	13 6	103 12	20	»	10 »	5,2422	978,291	978,295	978,297	978,294	3	1	978,313	—16	—18	9	0,2
Sisophon.........	13 35	103 4	25	»	11 »	5,2489	978,312	978,317	978,320	978,314	6	3	978,333	—13	—16	9	0,3
Puok.............	13 27	103 45	20	»	14 »	5,2420	978,291	978,295	978,297	978,309	—12	—14	978,328	—31	—33	9	0,4
Spean praptos.....	13 7	104 21	25	»	15 »	5,2421	978,291	978,296	978,299	978,296	3	0	978,315	—16	—19	9	0,3
Rovieng..........	13 21	105 7	**100**	»	16 »	5,2393	978,282	978,302	978,312	978,305	7	— 3	978,324	—12	—22	9	0,2
Prah Viehar (bas).	14 25	104 42	**67**	2,7	17 »	5,2512	978,320	978,333	978,340	978,350	—10	—17	978,368	—28	—35	9	0,3
» (sommet).	14 25	104 42	**625**	»	17 »	5,2116	978,195	978,320	978,387	978,350	37	—30	978,368	19	—48	9	0,2
Melouprey........	13 49	105 16	**72**	2,5	18 »	5,2480	978,310	978,324	978,332	978,323	9	1	978,342	—10	—18	12	0,2
Pra Kan..........	13 24	104 46	**68**	»	18 »	5,2384	978,279	978,293	978,300	978,307	— 7	—14	978,326	—26	—33	9	0,1
Kompong Thom...	12 43	104 53	16	»	19 »	5,2354	978,270	978,273	978,275	978,280	— 5	— 7	978,299	—24	—26	14	0,3
Prak Kak.........	12 20	105 36	75	»	21 »	5,2328	978,262	978,277	978,285	978,265	20	12	978,284	1	— 7	12	0,3
Saigon...........	10 46,9	106 41,5	12	»	22 »	5,2214	978,226	978,228	978,230	978,210	20	18	978,229	1	— 1	9	0,3

(1) Les altitudes en chiffres gras sont douteuses et par suite les anomalies correspondantes.

Si nous rappelons, d'autre part ([1]), que l'étalonnage primitif du gravimètre était en partie basé sur des valeurs obtenues par M. Shinjo à Singapour (différence +1 milligal), à Hong-Kong (différence — 2 milligals), et à Zi-Ka-Wei (différence 0), nous pouvons conclure que nos mesures se raccordent également bien avec les mesures japonaises, et qu'il n'existe pas de différence systématique entre les trois grands réseaux établis dans nos régions.

Cette vérification terminée, j'ai fait en Indochine 32 déterminations nouvelles, couvrant la presque totalité du Cambodge et de la Cochinchine. Le tableau ci-contre donne les valeurs conclues pour chaque station en conservant les notations d'une Note précédente ([1]).

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Polymorphisme dans les couches monomoléculaires d'acides gras à la surface de l'eau.* Note ([2]) de M. **D. G. Dervichian**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude aux rayons X des acides gras montre l'existence de plusieurs formes cristallines (Piper, Malkin et Austin). Un même acide présente pour la période de stratification deux, trois ou quatre valeurs différentes. On admet que cette période correspond à la hauteur de deux molécules placées bout à bout par leurs groupements CH^3. Les plans réflecteurs contiendraient les groupements COOH de la double tranche de molécules parallèles.

Les recherches sur les couches monomoléculaires étalées sur l'eau avaient montré (Langmuir, Marcelin) que, dans l'état condensé, leur épaisseur correspondait à la moitié de ces grandes périodes. Un examen plus détaillé des films solides permet d'y retrouver trois formes de structure qui donnent dans chaque cas les dimensions correspondant à celles trouvées par la diffraction des rayons X.

Les isothermes de ces couches présentent, aux fortes compressions, une partie rectiligne à pente raide qui, extrapolée jusqu'aux pressions nulles, permet de trouver une surface qui est la même pour tous les acides de la série (Langmuir). Adam a montré que, suivant que le support du film est de l'eau distillée ou légèrement acide, la pente de la droite a deux valeurs différentes et les surfaces disponibles par molécule sont de 20-21 ou

---

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 905.
([2]) Séance du 23 juillet 1934.

de 23-24 Å². D'après Adam, les molécules étant orientées perpendiculairement à la surface, le groupement acide fixé à l'eau (Langmuir), il y aurait deux modes de tassement. Dans l'un, les groupements COOH (têtes) seraient dans le même plan (24 Å²), dans l'autre, certaines molécules plongeant davantage, les têtes des voisines seraient encastrées entre les chaînes adjacentes, d'où un « empaquetage » plus serré (20 Å²).

Quelle que soit l'explication, ces deux modes de tassement doivent correspondre aux différents modes de cristallisation observés aux rayons X. En admettant que les molécules sont parallèles dans la maille cristalline, on peut calculer la surface disponible par molécule dans chaque plan réflecteur : quotient du volume moléculaire par la hauteur de la molécule (demi-intervalle). On trouve pour six acides différents, de C_{10} à C_{20} normal, des surfaces comprises, pour la forme A, entre 19,7 et 20,5 Å², B, entre 20,8 et 21,4, C, 23,0-24,0.

Les valeurs des surfaces, obtenues par extrapolation des courbes de pressions superficielles, ne sont qu'approximatives. Pour les obtenir le plus sûrement, j'ai repris, en la perfectionnant, une méthode de Devaux :

Un cadre fermé en mica paraffiné, flottant à la surface de la cuve, comprend une partie élargie où l'on dépose les gouttes de solution benzénique. Une fois le solvant évaporé, on balaye la surface avec un jet d'air de façon à faire passer tout le film dans la partie rétrécie du cadre, laquelle porte une graduation. Quelques grains de talc suffisent à délimiter la couche. La lisière est maintenue rectiligne par un jet d'air *le plus faible possible*, et on lit sur le bord du cadre la surface occupée. On en déduit la surface par molécule.

Nous disons que le film est *fluide*, si les grains de talc tourbillonnent sous le jet d'air sans se rassembler, *solide*, s'ils participent à des mouvements d'ensemble, leurs distances restant constantes. Dans ce dernier cas, la surface, régulièrement saupoudrée, se brise, sous un jet d'air vertical, en plages entières dont le talc souligne les arêtes vives.

Les surfaces moléculaires trouvées avec l'acide stéarique, sur des supports différents, se groupent autour des trois valeurs : 20, 21 et 24 Å², le passage d'une forme à l'autre étant discontinu.

Support.	Surf. mol. en Å².	Aspect.
1. Région acide, allant de l'eau distillée à HCl N/500 (7 séries de mesures)	19,8 à 20,5	solide
2. Région acide, HCl N/1000 à N/100 (4 séries de mesures).	23,5 à 24	sol. ou fluide
3. Région basique, eau distillée à NaOH N/100 (7 séries de mesures)	20,9 à 21,4	solide

La température variant de 14 à 25° n'intervient pas.

J'ai montré précédemment [1] que l'on trouve dans les films liquides des dimensions moléculaires égales à celles du corps liquide ordinaire. Aux grandes dilutions (Adam et Jessop), la pression superficielle et la surface sont reliées par la relation P.S = R.T (R = constante des gaz parfaits). Donc, de l'état gazeux aux différents modes de cristallisation, en passant par la liquéfaction, nous constatons un parallélisme tant qualitatif que quantitatif. Enfin, les films solides, à partir d'une température (bien inférieure à la température de fusion), deviennent fluides et subissent une « expansion » (Labrouste); expansion qui est d'ailleurs fonction de la pression superficielle et de la nature du support [2]. De 24 Å^2, la surface limite croît rapidement avec la température : les molécules subissent un relâchement progressif avant d'atteindre la température de fusion proprement dite. Cet état, intermédiaire entre les états cristallin et liquide, ne peut correspondre qu'aux « cristaux liquides » de Lehman ou état *mésomorphe* (G. Friedel).

La notion d'homologie permet de tirer encore une conclusion. Les molécules, bien que beaucoup plus redressées lorsqu'elles occupent 20 au lieu de 21 ou de 24 Å^2, ne sont pas verticales (Müller). L'étude aux rayons X donne comme angle d'inclinaison environ 50°, 60° et 68° respectivement pour les formes C, B et A. La distance entre chaînes carbonées restant la même pour les différentes formes, la surface de la base du prisme varie avec l'inclinaison des arêtes, mais la section droite est constante.

Au lieu d'une terminologie nouvelle, je proposerais d'utiliser pour désigner les états des couches monomoléculaires les dénominations déjà existantes : gaz, liquide, état mesomorphe, et solide. Il existe des isothermes de *vaporisation* et de *sublimation*.

MAGNÉTISME. — *Variation thermique du facteur démagnétisant structural dans le nickel et le cobalt.* Note [3] de M. **Théodore Kahan**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai eu l'occasion, au cours de mes recherches sur l'aimantation initiale des ferromagnétiques, d'étudier d'un manière approfondie la variation

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2129 et 2294; *J. de Chim. phys.*, **30**, 1933, p. 468.

(2) Adam et Miller, *Proc. Roy. Soc.*, A, **142**, 1933, p. 401. La concentration en HCl ou NaOH augmentant, la pellicule solide devient fluide et la surface limite prend des valeurs nettement supérieures.

(3) Séance du 23 juillet 1934.

thermique du facteur démagnétisant structural [1] d'éprouvettes cylindriques de 10^{cm} de long et de diamètre inférieur ou égal à $0^{cm},1$.

Le principe de la méthode est le suivant. On sait que le tronçon initial de la courbe d'aimantation dite idéale ou anhystérétique se confond, en l'absence du champ démagnétisant, avec l'axe des aimantations. J'ai supposé qu'en présence d'un tel champ que celui-ci provienne de la forme géométrique de l'éprouvette ou de sa structure intime, le tronçon initial de cette courbe idéale correspond encore à un champ magnétique interne nul. On peut dès lors déterminer le facteur démagnétisant total, géométrique plus structural, en mesurant l'inclinaison du tronçon initial rectiligne de la courbe idéale contre l'axe des aimantations. Toutes mes mesures ont été effectuées magnétométriquement. La seule difficulté expérimentale consistait à obtenir une désaimantation très continue en courant alternatif progressivement décroissant. Je ne décrirai pas ici l'installation et les appareils de désaimantation conçus spécialement à cet effet [2] et me bornerai à donner les résultats et les données numériques obtenus.

J'ai étudié plusieurs échantillons de nickel de même provenance [3] et de pureté chimique identique, mais ayant subi des traitements mécaniques et thermiques très variés. (Pour le traitement et la nomenclature des échantillons voir le Mémoire.)

NiA.

t°C.	N_{total}	$N_{géom.}$	$N_{struct.}$
16	0,0067	0,0043	0,0024
116	0,0064	–	0,0021
142	$0,0062_5$	–	$0,0019_5$
178	0,0063	–	0,0020
212	$0,0060_5$	–	$0,0017_5$
285	0,0059	–	0,0016
320	$0,0055_5$	–	$0,0012_5$
326	0,0055	–	0,0012
340	0,0047	–	0,0004

NiB.

t°C.	N_{total}	$N_{géom.}$	$N_{struct.}$
18	$0,016_3$	0,0043	0,012
197	$0,013_1$	–	$0,008_8$
335	$0,009_3$	–	$0,005_0$
342	$0,008_7$	–	$0,004_4$

(1) Forrer et Martak, *J. de Phys.*, 7e série, 2, vi, 1931, p. 198.
(2) Une description détaillée va paraître dans un autre Recueil.
(3) Mond Nickel Co (Angleterre).

Cobalt fondu.

19..........	0,140	0,0033	$0,136_7$
127..........	0,073	–	$0,069_7$
183,5..........	$0,041_2$	–	$0,037_9$
205..........	0,027	–	$0,023_7$
221,5..........	0,020	–	$0,016_3$

Cobalt électrolytique (¹).

20..........	0,0256	0,0014	0,0242
50..........	0,0250	–	0,0236
147..........	0,0122	–	0,0108

Conclusions. — Mes expériences confirment donc l'existence du champ démagnétisant structural par la mise en évidence de sa variation thermique. En effet, le facteur de ce champ décroît quand la température s'élève. Cette propriété le distingue du facteur démagnétisant géométrique qui reste constant par sa nature même. Cependant les données dont on dispose à l'heure actuelle ne permettent pas encore de conclure quant à la nature intime du champ démagnétisant structural.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique de la décomposition thermique de la vapeur d'acétaldéhyde.* Note (²) de **Morice Letort**, présentée par M. G. Urbain.

La vitesse d'une réaction $pA + qB + \ldots = \ldots$ est généralement représentable par $V = -d[A]/dt = k[A]^n[B]^m\ldots$, k étant la constante de vitesse, $[A]$, $[B]$, ... les concentrations des corps A, B ... et $(n + m + \ldots)$ étant *par définition* l'ordre de la réaction (³). On a montré (⁴) et nous avons vérifié que la réaction se fait suivant l'équation stœchiochimique : $CH^3CHO = CH^4 + CO$. On connaît donc, manométriquement, à chaque instant, la valeur de CH^3CHO. Les tangentes à la courbe donnant la variation de pression en fonction du temps déterminent les vitesses V_0,

(¹) Des résultats complémentaires seront publiés dans le Mémoire à paraître.

(²) Séance du 9 juillet 1934.

(³) Kassel, *Kinetics of Homogeneous Gas Reactions*, 1930, p. 15.

(⁴) Ipatjew, *Ber. d. Chem. Ges.*, 35, 1902, p. 1049; Bone et Smith, *J. Chem. Soc.*, 87, 1905, p. 910; Hinshelwood et Hutchinson, *Proc. Roy. Soc.*, A, 111, 1926, p. 380.

V_5, V_{10}, ... correspondant aux taux de décomposition 0 pour 100, 5 pour 100, 10 pour 100, ... et la courbe $\log V = n \log[CH^3CHO] + \text{const.}$, dans le cas où elle est une droite, donne l'ordre n pour le cours de l'expérience considérée. Ce mode de détermination nous paraît plus direct et plus précis que ceux qu'on emploie généralement. La méthode manométrique, dans une fiole en quartz, dans les conditions décrites précédemment (1), donne une valeur de n voisine de 2,0, mais variant dans d'assez larges limites. Les valeurs extrêmes trouvées, avec notre technique habituelle, sont 1,55 et 2,50; n étant déterminable pour chaque expérience à $\pm 0,1$. Les moyennes sont les suivantes :

T°C	564°.	542°,50.	512°.	493°.	477°.
n (moyenne)	2,04	1,915	1,835	2,225	2,21
Écart moyen	±0,13	±0,17	±0,075	±0,075	±0,085

Les causes de ces irrégularités ne sont pas complètement élucidées, mais l'état de propreté de la paroi de quartz a une influence certaine. Celle-ci adsorbe des gaz, en particulier CH^3CHO. Les expériences suivantes (à 477° C.) montrent qu'en diminuant la quantité absorbée on observe une augmentation de n et de V_0.

Expérience en présence de 90mm de produits d'une réaction précédente	$p_0 = 229,75$ mm	$V_0 = 2,88$ mm/min	$n = 2,30$
Conditions habituelles : fiole évacuée pendant 4 heures à 10^{-5} mm à 477° C.	227,0	2,75	2,32
Fiole évacuée à 10^{-5} mm et chauffée à 700° C. pendant 48 heures	226,5	3,42	3,50
Fiole préalablement lavée à NO^3H fumant et chauffée au rouge vif	225,0	4,52	5,55

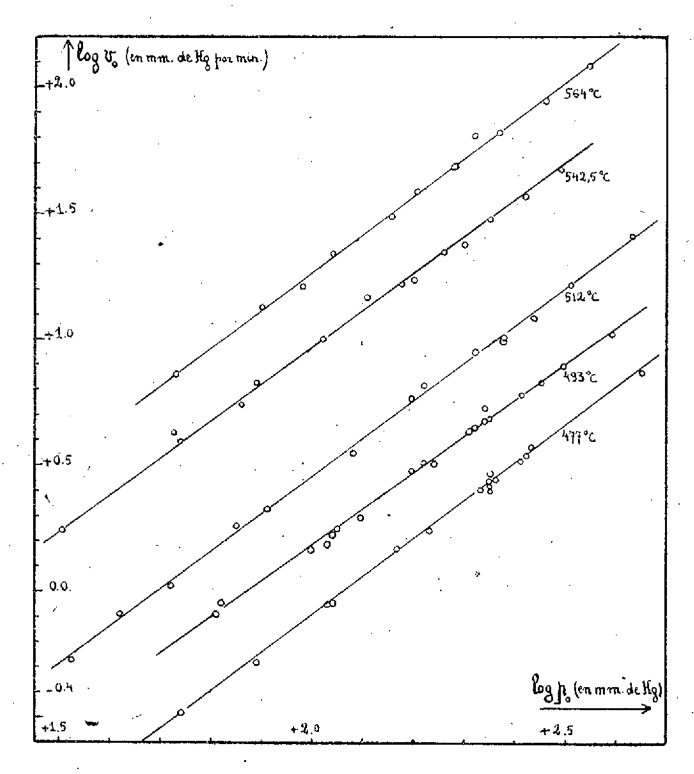
Les résultats publiés à ce sujet (2), admettant tous $n = 2$, ont donc été obtenus dans une fiole *à paroi empoisonnée*. On ne l'avait pas signalé.

Cependant si l'on considère, à température constante, les vitesses V_0 pour différentes pressions initiales p_0, la pente de la droite $\log V_0 = f(\log p_0)$ fournit aussi une mesure de l'ordre, n_0, différente de n. Cette valeur n_0 nous semble être *l'ordre vrai* car V_0 est la seule grandeur expérimentale correspondant à CH^3CHO pur; au cours de la réaction le milieu est un

(1) LETORT, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1042.

(2) HINSHELWOOD et HUTCHINSON, *loc. cit.*; L. KASSEL, *Journ. of Phys.*, **34**, 1930, p. 1166; FLETCHER et HINSHELWOOD, *Proc. Roy. Soc.*, A, **141**, 1933, p. 41.

mélange de CH^3CHO et des produits de décomposition qui ne sont d'ailleurs pas nécessairement identiques à ceux qu'on recueillera. Le graphique



représente les droites $\log V_0 = f(\log p_0)$ qui donnent les valeurs suivantes de n_0 :

T° C.........	564°.	542°,5.	512°.	493°.	477°.
n_0............	1,51	1,47	1,49	1,48	1,52

En moyenne, on a $n_0 = 1,495$. *L'ordre vrai de la réaction est donc* $3/2$.

En résumé, nous avons montré qu'en appliquant l'équation

$$V = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]^n[B]^m\ldots$$

à la décomposition thermique de CH^3CHO gazeux, on peut calculer deux valeurs de l'ordre : l'une $n_0 = 3/2$, déterminable par les données initiales, p_0 et V_0 ; l'autre n qui rend compte du cours de chaque expérience, moins nettement défini, et qui dépend de l'état de la paroi. Ce fait exige de considérer le processus de réaction comme complexe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la coagulation des sols hydrophobes par congélation en relation avec la coagulation mécanique.* Note de M. **Wilfried Heller**, transmise par M. A. Cotton.

Nous avons montré ([1]) qu'un sol hydrophobe se laisse coaguler mécaniquement à une seule condition : la couche double à la surface des granules doit être assez faible ou assez affaiblie par un traitement approprié du sol. Nous avons trouvé qu'un sol d'une stabilité réduite coagule également sous l'action d'autres facteurs qui n'agissent pas sur les sols plus stables. Il y a coagulation par congélation, par dilution et par l'action de la lumière. Dans ce qui suit, nous ne considérerons que la coagulation par congélation ($c'c$).

A. Lottermoser ([2]) a déjà trouvé que quelques sols inorganiques coagulent par congélation, s'ils sont fortement dialysés. Les résultats suivants le confirment :

Tableau I.

Espèce de sol.	Durée de dialyse à la température ordinaire.	Concentration du sol en °/₀ Fe.	Effet de la congélation.
$FeCl^3$ dialysé...	1 jour	0,543	aucun effet
Même sol......	3 jours	0,339	»
Même sol......	69 jours	0,433	coagul. quantitative

Lottermoser a également constaté que la coagulation est d'autant plus marquée que la dialyse est plus intense Cela concorde avec les résultats de l'étude de la coagulation mécanique. Or, il est remarquable que les stabilités critiques (voir la Note citée), à partir desquelles les deux coagulations entrent en action, ne sont pas très différentes. Nous mesurerons la stabilité des sols, comme nous l'avons fait dans la Note déjà citée, en considérant la valeur de coagulation (2 heures mm NaCl) ou le pH.

La limite du pH au-dessous de laquelle une très forte agitation ne produit plus une coagulation mécanique quantitative est à peu près 6,5. Pour la c. c. cette limite semble à peu près 6,1. Dans ce dernier cas, elle se trouverait encore un peu plus bas, si la congélation durait plus longtemps.

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1776.
([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 3976.

Car la c. c. augmente avec la durée de la congélation. Nos résultats se rapportent à des durées comprises entre un quart d'heure et une heure et à des températures comprises entre — 70° et — 80°.

TABLEAU II.

Espèce de sol.	Age.	Valeur de coagulation.	pH.	Effet de la congélation.
1. Sol de Graham......	5 ans	–	1,37	aucun effet
2. »	5 ans 1/2	<600	2,54	»
3. »	20 ans	250	3,05	»
4. »	5 ans 1/2	–	6,12	coagulat. quantit.
5. »	5 ans 1/2	–	6,16	coagulat. partielle
6. $FeCl^3$ dialysé.......	5 ans	15	–	coagulat. quantit.
7. $Fe(NO^3)^3$ dialysé....	5 ans 1/2	10	–	»
8. Sol. de α-FeOOH...	5 ans	4-5	6,5-6,7	»

D'après H. Freundlrich et S. Loebmann [1] la coagulation mécanique (c. m.) serait une coagulation qui se produirait à la surface solaire. Les particules, qui ne se réuniraient pas dans l'intérieur même du sol, le font dans la phase superficielle où s'effectue le passage entre la constante diélectrique de l'eau et la constante beaucoup plus petite de l'air. Il n'est pas douteux que cette coagulation à la surface joue un rôle important. Mais des expériences magnétooptiques nous ont paru indiquer qu'elle n'est pas la seule cause de la c. m. Nous admettons aussi que, dans l'intérieur des sols, les particules peuvent se réunir lorsqu'elles se rencontrent en étant animées des grandes vitesses que leur communiquent les courants tourbillonnaires existant dans la solution agitée. Cette réunion se produirait lorsque la déformation de la couche ionique lors d'un tel choc énergique permettrait un rapprochement des noyaux cristallins des particules jusqu'à une distance critique : celle pour laquelle les forces de London (qui diminuent avec la septième puissance de la distance de deux particules) prédominent.

Ce que produisait l'augmentation de vitesse des particules dans un sol agité s'effectuerait également sous l'influence de la pression de la glace dans laquelle les particules sont enfermées. Que la valeur critique soit plus grande, cela s'expliquerait par la plus grande efficacité de ce rapprochement forcé des particules. Dans le même sens interviendrait la déshy-

---

(1) *Koll. Beih.*, 28, 1929, p. 391; *Z. Physikal. Chem.*, A, 139, 1928, p. 368.

dratation des particules congelées qui a été déjà étudiée. Rappelons que l'hydratation est également un facteur de *stabilité* (¹).

Reste l'augmentation de la C. C. avec la durée de la congélation. Elle est probablement due à l'agrandissement des particules dans l'agrégat, accompagnée d'une diminution de leur nombre et suivie de leur rapprochement spontané lors du vieillissement de l'agrégat. Rappelons les études récentes de J. M. Kolthoff et Ch. Rosenblum (²) sur le changement de la surface intérieure dans les précipités de sulfate de plomb. Tout cela gêne de plus en plus la peptisation après la liquéfaction de la glace.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la dissociation des phosphates d'ammonium.* Note de M. **André de Passillé**, présentée par M. G. Urbain.

Dissociation du phosphate diammonique. — Cette étude a été faite sur un échantillon de $PO^4H(NH^4)^2$ pulvérisé et parfaitement sec.

Environ 6^g de cet échantillon sont placés dans une ampoule de verre reliée à un manomètre à mercure; l'ampoule est convenablement refroidie pendant que l'on réalise, dans tout le système, un vide de moins de 1/10ᵉ de millimètre.

Les pressions d'équilibre sont alors mesurées au cathétomètre, tandis que l'ampoule est maintenue à température constante dans un thermostat.

Les variations de température pendant la durée d'une opération n'ont jamais dépassé 0°,05.

Les pressions d'équilibre suivantes ont été mesurées :

°C.	mm	°	mm
90	5,7	120	27,4
100	9,1	124	33,8
110	16,0	130	47,7

De la formule de Nernst

$$\log p = -\frac{Q_0}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,3,$$

on déduit pour Q_0 des valeurs oscillant entre 16,43 et 16,69 cal/kg avec une moyenne de 16,60 cal/kg.

(¹) Le fait que des sols, qui n'ont pas coagulé par congélation, peuvent se trouver ensuite plus sensibles à l'égard des électrolytes (A.); Sutbier, F. Heinrich et J. Huber, *Koll. Z.*, 29, 1921, p. 287, peut être expliqué par cette déshydratation.

(²) *Phys. Review*, 45, 1934, p. 341.

La formule suivante

$$\log p = -\frac{16600}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,3 \qquad (1)$$

traduit donc exactement les résultats et permet de calculer les pressions d'équilibre à des températures pour lesquelles il devient difficile de faire des mesures précises. On trouve ainsi :

°	mm	°	mm
50	0,2	70	1,1
60	0,5	80	2,3

Phosphate triammonique anhydre. — Ce sel a été préparé en maintenant, sous une pression de 7^{kg} d'ammoniac, du phosphate diammonique finement pulvérisé et parfaitement sec. Au début de l'opération on chauffe à environ 80° C. et l'on abaisse graduellement la température jusqu'à 30° C. à mesure que la réaction progresse.

Les pressions d'équilibre de la réaction réversible ont été mesurées, en utilisant la même technique que pour le phosphate diammonique.

On a trouvé :

°C.	mm	°	mm
27,5	129,0	60	1056,8
40	294,3	65	1324,4
50	573,7	70	1791,0
55	797,7		

De la formule de Nernst on déduit des valeurs de Q_0 comprises entre 11,52 et 11,55 cal/kg, avec une moyenne de 11,54 cal/kg.

Les résultats satisfont donc exactement à l'équation

$$\operatorname{Log} p = -\frac{11540}{4,57\,T} + 1,75 \operatorname{Log} T + 3,3. \qquad (2)$$

L'écart considérable entre ces derniers résultats et ceux obtenus précédemment par Warren [1] (733^{mm} à 110° C. et 1177^{mm} à 125°) ne semblait pouvoir être expliqué que par l'existence d'un phosphate d'ammonium encore inconnu, dont la teneur en ammoniac soit comprise entre celle du diammonique et celle du triammonique.

Afin de vérifier l'existence de ce composé, du gaz ammoniac a été soutiré de l'échantillon de triammonique, en quantité suffisante pour que l'équilibre correspondant au tri- ne puisse plus se produire. A partir de ce

---

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 1904.

moment, il s'est établi un nouvel équilibre, qui ne correspondait pas au phosphate diammonique, mais bien à un phosphate intermédiaire $(PO^4H^3)^2.5NH^3$: le volume d'ammoniac soutiré correspondait à cette transformation. Toute une série de points d'équilibre ont pu être alors obtenus :

°C.	mm	°	mm
70	140	120	1249
100	525,8	125	1554
110	839		

Ces points satisfont à l'équation

$$(3) \qquad \log p = -\frac{13650}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,3.$$

En résumé, l'étude de la dissociation du phosphate triammonique démontre l'existence d'un composé $P^2O^8H(NH^4)^5$ tel que

$$2PO^4(NH^4)^3 \quad \text{ou} \quad P^2O^8(NH^4)^6 \rightleftharpoons P^2O^8H(NH^4)^5 + NH^3.$$

Les pressions de cet équilibre sont données par l'équation (2).

Ce composé $P^2O^8H(NH^4)^5$ donne à son tour l'équilibre

$$P^2O^8H(NH^4)^5 \rightleftharpoons 2PO^4H(NH^4)^2 \quad \text{ou} \quad P^2O^8H^2(NH^4)^4 + NH^3,$$

dont les pressions satisfont à l'équation (3). (C'est cet équilibre que Warren a certainement mesuré à son insu.)

L'étude de la dissociation du phosphate diammonique a été reprise, et les résultats sont donnés par l'équation (1).

La vérification des chiffres obtenus a été d'ailleurs fournie par l'étude thermochimique des phosphates d'ammonium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acide ricinique et acide céto-12-stéarique.* Note de M. **René Perrotte**, présentée par M. G. Urbain.

En soumettant à la distillation sèche, dans le vide, du ricinoléate de baryum, Krafft ([1]) isola, à côté de méthylhexylcétone, un acide fondant à 81°, de formule brute $C^{18}H^{34}O^3$, isomère de l'acide ricinoléique et qu'il appela acide ricinique.

([1]) *Ber. deuts. chem. Ges.*, 21, 1891, p. 2736.

Walden [1] confirme l'existence de cet acide, mais ces auteurs ne se prononcent pas sur sa constitution.

J'ai repris le travail de Krafft. Le ricinoléate de baryum est chauffé pendant 2 heures à 250-270° sous une pression de 11^{mm} de mercure. Une huile distille, constituée principalement par de la méthylhexylcétone. Le résidu, décomposé par l'acide chlorhydrique concentré et bouillant, fournit un mélange d'acides d'où l'on peut extraire par fractionnement dans le vide, à côté d'acides non saturés (linoléiques), un acide distillant entre 200 et 215° sous 1^{mm} de pression et fondant à 81° après recristallisation dans l'éther de pétrole.

Son éther méthylique bout à 178-180° sous $0^{mm},8$ de pression, et fond à 44°,5-45°.

L'action de l'acide nitrique sur cet acide, décrite par Krafft, permet de penser qu'il s'agit d'un acide cétonique de formule

$$CH^3.(CH^2)^5CO(CH^2)^{11}CO^2H \text{ (acide céto-12-stéarique).}$$

D'autre part, l'étude des conditions de sa formation suggère l'hypothèse que cet acide résulte d'un déplacement de la double liaison dans la molécule de l'acide ricinoléique.

Dans la formule de l'acide ricinoléique généralement admise :

$$CH^3.(CH^2)^5CH(OH)CH^2\overset{(10)}{C}H=\overset{(9)}{C}H.(CH^2)^7CO^2H$$

la double liaison, qui occupe normalement la position 9-10 se transporterait sous l'action de la chaleur, successivement dans les positions 10-11 et 11-12.

La méthylhexylcétone dont j'ai plus haut mentionné la formation proviendrait de la coupure de la double liaison en position 10-11 :

$$CH^3.(CH^2)^5CH(OH)\overset{(11)}{C}H=\overset{(10)}{C}H.(CH^2)^8CO^2H.$$

En position 11-12, il pourra se produire soit un passage de la forme énolique à la forme cétonique :

$$C^6H^{13}.\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=CH.(CH^2)^9CO^2H \rightarrow C^6H^{13}\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}.(CH^2)^{10}CO^2H$$

---

(1) *Ber. deuts. chem. Ges.*, 27, 1894, p. 3472.

soit, à température plus élevée, la rupture connue de la double liaison conduisant à la formation d'heptanal et d'acide undicylénique.

Dans le but de vérifier ces hypothèses, j'ai cherché à préparer par d'autres voies l'acide céto-12-stéarique :

$$CH^3(CH^2)^5CO(CH^2)^{10}CO^2H.$$

En hydrogénant en présence de noir de platine le ricinoléate d'éthyle en solution éthérée, j'obtiens l'oxystéarate d'éthyle fondant à 50-51° et déjà signalé [1].

Oxydé par l'anhydride chromique en solution acétique, cet éther donne un éther cétostéarique fondant à 34-35° après recristallisation dans l'alcool, et à partir duquel j'ai préparé un acide fondant à 79-80° et un éther méthylique fondant à 44-45°.

Les mélanges de ces substances, soit avec l'acide ricinique, soit avec son éther méthylique, ne subissent aucune dépression de leur température de fusion, ce qui est une bonne preuve de leur identité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions en série cyclohexanique. L'aptitude migratrice du radical migrateur est influencée par sa position dans l'espace.* Note [2] de M. **M. Tiffeneau** et Mlle **B. Tchoubar**, présentée par M. A. Béhal.

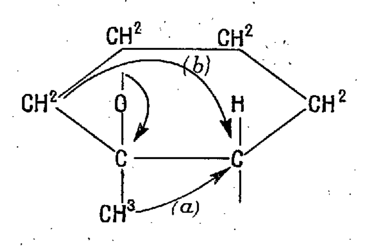
Dans de nombreuses transpositions moléculaires qui ont été décrites jusqu'ici par l'un de nous au cours de réactions diverses, comportant soit la déshydratation des α-glycols, soit la déshalogénation de leurs halohydrines ou encore l'isomérisation des époxydes correspondants, il a maintes fois été constaté que ces réactions qui, le plus souvent, fournissent un seul produit de transposition, conduisent parfois à deux produits transposés résultant de ce que les deux radicaux susceptibles d'émigrer peuvent se déplacer simultanément.

On admet dans ce cas que les aptitudes migratrices des radicaux envisagés sont sinon sensiblement égales, du moins pas assez différentes pour que l'une des migra-

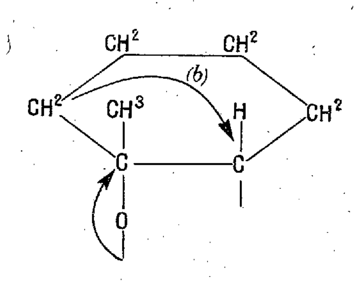
(1) C. G. Tomecko et Roger Adams, *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 522-530; A. D. Grün et Walter Czerny, *Ber. d. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 54. Ces derniers indiquent 51-51°,5.

(2) Séance du 9 juillet 1934.

tions puisse être exclusive. Sans doute, ce que l'on appelle aptitudes migratrices des radicaux et que l'on déduit des données statistiques ne saurait constituer une propriété intrinsèque et rigoureusement constante des radicaux. L'expérience montre, en effet, que ces aptitudes migratrices dépendent non seulement de la nature des radicaux envisagés, mais aussi des conditions réactionnelles (réactif employé, température de la réaction, etc.).



Migration simultanée de CH^2 et de CH^3 (prépondérance de cette dernière).



Migration exclusive de CH^2 CH^3 placé au-dessus du plan du cycle ne peut emigrer.

Formule des chlorhydrines.	Modes d'obtention des chlorhydrines.	Constantes des chlorhydrines.	Produits de leur déshalogénation magnésienne.
$CH^2\Big\langle\begin{matrix}CH^2 - CH^2\\ CHCl - \underset{CH^3}{C(OH)}\end{matrix}\Big\rangle CH^2$	I *a*. $IMgCH^3$ sur la chlorocyclohexanone	Eb. = 75–76°/14mm $N_D^{24} = 1,4792$ $D_4^{19} = 1,0934$	Méthyl-2-cyclohexanone (¹) (prépondérante) et acétylcyclopentane
	I *b*. Chlorurée (ClOH) sur le méthylcyclohexène	Eb. = 87–88°/14mm $N_D^{24} = 1,4858$ $D_4^{24} = 1,100$	Acétylcyclopentane
$CH^2\Big\langle\begin{matrix}\overset{CH^3}{CH} - CH^2\\ CHCl - \underset{CH^3}{C(OH)}\end{matrix}\Big\rangle CH^2$	II *a*. $IMgCH^3$ sur chloro-2-méthyl-4-cyclohexanone-1	Eb. = 92–94°/17mm $N_D^{21} = 1,4771$ $D_4^{21} = 1,0611$	Diméthyl-2.4-cyclohexanone (²) (prépondérante) et méthyl-3-acétyl-1-cyclopentane (²)
	II *b*. Chlorurée (ClOH) sur le diméthyl-1-4-cyclohexène-1	Eb. = 101–102°/18mm $N_D^{21} = 1,4801$ $D_4^{21} = 1,0663$	Méthyl-3-acétyl-1-cyclopentane
$CH^2\Big\langle\begin{matrix}\overset{CH^3}{CH} - CH^2\\ \underset{CH^3}{C(OH)} - CHCl\end{matrix}\Big\rangle CH^2$	III *a*. $IMgCH^3$ sur la chloro-2-méthyl-5-cyclohexanone-1 liquide	Eb. = 88–90°/14–15mm $N_D^{19} = 1,4795$ $D_4^{19} = 1,0699$	Diméthyl-2.5-cyclohexanone-1 (prépondérante) et méthyl-3-acétyl-1-cyclopentane-1
	III *b*. $IMgCH^3$ sur la chloro-2-méthyl-5-cyclohexanone-1 cristallisée	Eb. = 83–84°/13–14mm $N_D^{19} = 1,4741$ $D_4^{19} = 1,0506$	Méthyl-3-acétyl-1-cyclopentane

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 941.
(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1040.

A ces diverses causes qui sont susceptibles d'influencer le sens des phénomènes de migration de radicaux, nous pouvons aujourd'hui en ajouter une nouvelle qui ne s'applique qu'aux dérivés cis et trans en série cyclanique et qui résulte de la position relative que les radicaux migrateurs occupent dans l'espace. On conçoit en effet que dans l'un des cas (cis ou trans) la position soit favorable à la migration d'un des radicaux et défavorable dans l'autre. C'est précisément ce que nous avons constaté au cours de la déshalogénation magnésienne de trois paires de chlorhydrines présentant l'isomérie cis et trans et rassemblées dans le tableau ci-dessus.

Dans les deux premières paires (I et II) les isomères *a* ont été obtenus par action de $IMgCH^3$ sur les cétones chlorées correspondantes et les deux autres (*b*) par fixation de ClOH sur les carbures éthyléniques correspondants au moyen de la chlorurée. Dans la troisième paire (III) les deux isomères ont été obtenus par action de $IMgCH^3$ sur les deux cétones chlorées : l'une, liquide, a fourni l'isomère *a*, l'autre, cristallisée, l'isomère *b*.

Il est intéressant de noter que seules les trois chlorhydrines (I *b*, II *b* et III *b*) conduisent à un produit unique avec raccourcissement de cycle alors que les trois autres I *a*, II *a*, et III *a* conduisent à un mélange des deux cétones transposées possibles dans lequel prédomine la cétone sans raccourcissement de cycle (migration prépondérante du CH^3). Cette particularité peut tenir, soit à ce que les chlorhydrines *b* sont mélangées d'un peu de chlorhydrine *a*, soit que les chlorhydrines *b* donnent lieu par leur déshalogénation magnésienne à la formation des deux produits transposés, celui provenant de la migration du méthyle et sans raccourcissement de cycle étant toujours prépondérant.

Quoi qu'il en soit, ce qu'il faut retenir de ces faits, c'est que dans les chlorhydrines *b* la migration du méthyle se trouve empêchée sans doute par suite de la position défavorable de ce radical.

Conclusions. — L'étude de la déshalogénation magnésienne de trois paires cis-trans de chlorhydrines dérivées du méthyl-1 et du méthyl-4-cyclohexanediol a montré que dans chacune des formes isomériques la transposition s'oriente d'une manière différente. Avec l'une des formes, il y a obtention exclusive d'acétylcyclopentane ou de méthylacétylcyclopentane, c'est-à-dire migration d'un chaînon cyclique CH^2 avec raccourcissement du cycle, tandis qu'avec l'autre forme on obtient, à côté d'un peu de dérivé cyclopentanique, une quantité importante de méthylcyclohexanone sans raccourcissement de cycle, c'est-à-dire par migration prépondérante du méthyle.

Les aptitudes migratrices respectives du méthyle et du chaînon CH^2 sont donc influencées par leur position dans l'espace.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation du Δ-1-méthylcyclohexène par l'anhydride sélénieux.* Note (1) de M. **Edmond Urion**, présentée par M. Delépine.

Depuis les premières publications de Riley et de ses collaborateurs, on a beaucoup utilisé l'anhydride sélénieux comme agent de synthèse par oxydation. Tout récemment, M. Dupont a appliqué le procédé au pinène (2). Je me suis adressé à un carbure de constitution plus simple, le méthylcyclohexène.

Il a été préparé en déshydratant par l'acide oxalique en solution aqueuse à 10 pour 100 le méthylcyclohexanol obtenu par condensation du bromure de méthylmagnésium avec la cyclohexanone. Ce carbure ($E_{760} = 110\text{-}111°$) s'obtient ainsi avec un rendement de 80 pour 100 par rapport à la cyclohexanone. Son spectre Raman comporte une seule raie éthylénique à 1674 cm^{-1}, c'est un composé rigoureusement exempt d'isomère.

L'oxydation est réalisée par chauffage du carbure avec moitié de son poids d'anhydride sélénieux préalablement dissous. Elle intéresse le groupe CH^2 en α par rapport à la double liaison et situé du même côté que le substituant CH^3.

La nature des produits d'oxydation dépend du solvant : en général, c'est un dérivé de l'alcool (I) qui représente la fraction essentielle, il se fait avec un rendement de 30 à 40 pour 100, mais est toujours mélangé d'une faible proportion de la cétone (II) :

```
    CH² CHOH                    CH² CO
CH²<        >C—CH³,         CH²<        >C—CH³.
    CH² CH                      CH² CH
     (I).                        (II).
```

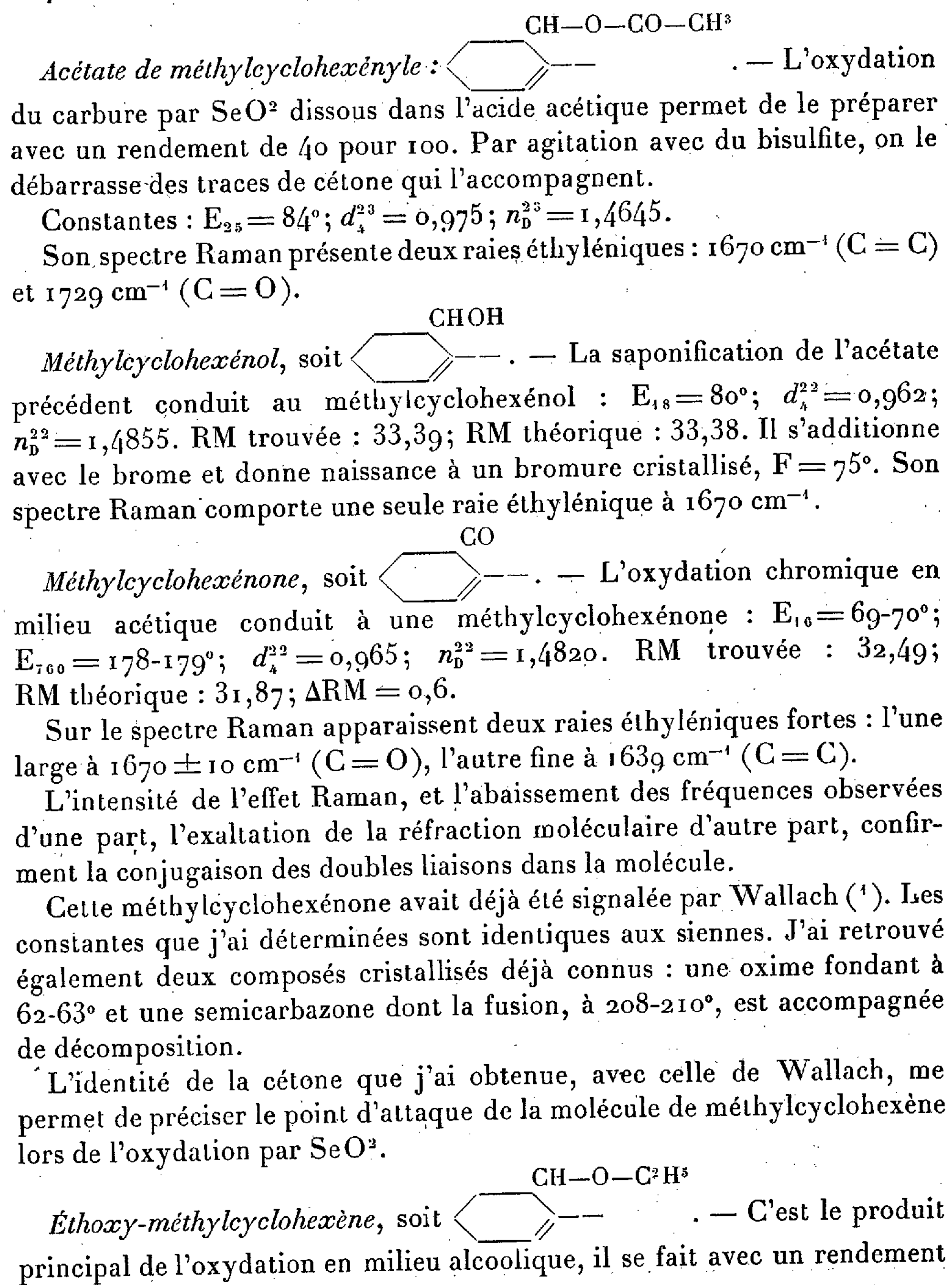
C'est le cas pour l'oxydation en milieu alcoolique ou acétique, où les produits principaux sont respectivement l'éther oxyde éthylique et l'acétate de l'alcool (I). En solution dans l'eau, on obtient bien un mélange de l'alcool (I) et de la cétone (II), mais la cétone y domine très nettement (90 pour 100). Le rendement global est ici assez faible.

Voici quelques composés définis isolés à l'état pur :

---

(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) Dupont, Zacharewicz et Dulou, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1699.



Acétate de méthylcyclohexènyle : CH—O—CO—CH³ (formule). — L'oxydation du carbure par SeO^2 dissous dans l'acide acétique permet de le préparer avec un rendement de 40 pour 100. Par agitation avec du bisulfite, on le débarrasse des traces de cétone qui l'accompagnent.

Constantes : $E_{25} = 84°$; $d_4^{23} = 0{,}975$; $n_D^{23} = 1{,}4645$.

Son spectre Raman présente deux raies éthyléniques : 1670 cm^{-1} (C = C) et 1729 cm^{-1} (C = O).

Méthylcyclohexénol, soit CHOH (formule). — La saponification de l'acétate précédent conduit au méthylcyclohexénol : $E_{18} = 80°$; $d_4^{22} = 0{,}962$; $n_D^{22} = 1{,}4855$. RM trouvée : 33,39; RM théorique : 33,38. Il s'additionne avec le brome et donne naissance à un bromure cristallisé, F = 75°. Son spectre Raman comporte une seule raie éthylénique à 1670 cm^{-1}.

Méthylcyclohexénone, soit CO (formule). — L'oxydation chromique en milieu acétique conduit à une méthylcyclohexénone : $E_{16} = 69$-$70°$; $E_{760} = 178$-$179°$; $d_4^{22} = 0{,}965$; $n_D^{22} = 1{,}4820$. RM trouvée : 32,49; RM théorique : 31,87; $\Delta RM = 0{,}6$.

Sur le spectre Raman apparaissent deux raies éthyléniques fortes : l'une large à 1670 ± 10 cm^{-1} (C = O), l'autre fine à 1639 cm^{-1} (C = C).

L'intensité de l'effet Raman, et l'abaissement des fréquences observées d'une part, l'exaltation de la réfraction moléculaire d'autre part, confirment la conjugaison des doubles liaisons dans la molécule.

Cette méthylcyclohexénone avait déjà été signalée par Wallach (¹). Les constantes que j'ai déterminées sont identiques aux siennes. J'ai retrouvé également deux composés cristallisés déjà connus : une oxime fondant à 62-63° et une semicarbazone dont la fusion, à 208-210°, est accompagnée de décomposition.

L'identité de la cétone que j'ai obtenue, avec celle de Wallach, me permet de préciser le point d'attaque de la molécule de méthylcyclohexène lors de l'oxydation par SeO^2.

Éthoxy-méthylcyclohexène, soit CH—O—C²H⁵ (formule). — C'est le produit principal de l'oxydation en milieu alcoolique, il se fait avec un rendement

---

(¹) *Zentralblatt*, I, 1903, p. 329.

de 30 pour 100 environ. Régénéré de sa combinaison cristallisée avec l'acide ferrocyanhydrique, il a les constantes : $E_{15} = 61$-$62°$; $d_4^{21} = 0,887$; $n_D^{21} = 1,4550$; RM trouvée : 42,82; RM théorique : 42,74. Son spectre Raman révèle une seule raie éthylénique à 1673 cm^{-1}.

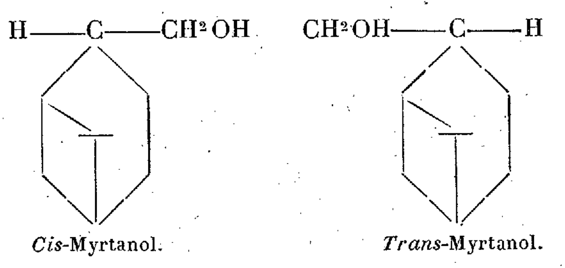
Dans l'étude précédente, l'effet Raman a joué le rôle d'un auxiliaire précieux : soit comme criterium de pureté, soit comme méthode d'analyse des mélanges. Il a été déterminé, sur ces composés, par M. Piaux qui publiera ultérieurement les spectres complets.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomères* cis *et* trans *du myrtanol.* Note [1] de MM. **Georges Dupont** et **Witold Zacharewicz**, présentée par M. Delépine.

Nous avons montré [2] que l'oxydation du pinène par l'anhydride sélénieux conduit à un mélange de myrténol et de myrténal.

Nous précisons ici que ces produits sont accompagnés de proportions assez fortes d'un carbure $C^{10}H^{14}$, ayant le squelette du pinène mais avec deux doubles liaisons, carbure dont nous poursuivons l'étude.

Nous avons signalé incidemment que l'hydrogénation catalytique du myrténol nous a permis d'obtenir l'alcool saturé correspondant : le *myrtanol.* La configuration stéréochimique de cet alcool fait prévoir l'existence de deux isomères correspondant aux positions respectives *cis* et *trans* du groupement $—CH^2OH$ et du pont par rapport au noyau hexagonal, isomères que l'on peut représenter schématiquement par les deux formules



Cis-Myrtanol. *Trans*-Myrtanol.

Dans le présent travail nous allons montrer comment nous avons pu obtenir ces isomères et les distinguer. Provisoirement nous les désignerons sous les noms de *myrtanol* et *iso-myrtanol.*

(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1699.

Iso-myrtanol. — Nous avons pu obtenir un premier isomère par l'hydrogénation catalytique, soit du myrténol, soit du myrténal, à l'aide du noir de platine (d'Adams).

Les caractéristiques de cet alcool sont les suivantes :

d-isomyrtanol, à partir du *d*-myrténal ($[\alpha]_D = +19°,77$); $E_{20} = 122°$; $d_{22}^{19} = 0,9769$; $n_D^{21,5} = 1,4900$; $[\alpha]_D = +20°,67$; à partir du *d*-myrténol ($[\alpha]_D = +44°,11$); $E_{14} = 113$-$113°,8$; $d_0^0 = 0,9830$; $n_D^{22} = 1,4896$; $[\alpha]_D = +18°,0$. *l-isomyrtanol* du *l*-myrténol ($[\alpha]_D = -42°,73$); $d_{20}^{20} = 0,9803$; $n_D^{21} = 1,4925$; $[\alpha]_D = -24°,48$. Éther phtalique acide, act. : F. 124,5-125°,5; $[\alpha]_D = -5°,6$; inact. F. 126,5-127°,5. Éther acétique-*d* : $E_{26} = 132,5$-$133°,5$; $d_0^0 = 1,0012$; $n_D^{20} = 1,4703$; $[\alpha]_D = +15°,30$.

Myrtanol. — Un deuxième isomère a été obtenu en hydrogénant le myrténol par le sodium et purifiant le produit obtenu par l'éther phtalique.

41^g de myrténol ont été traités dans 100^cm³ de xylène par 18^g de sodium. Le sodium non attaqué a été détruit par addition progressive d'alcool. On traite finalement par l'eau; la couche xylénique, après séchage, a été chauffée 6 heures à 140° avec 39^g d'anhydride phtalique. Les traitements classiques nous ont conduit à 35^g,5 d'éther phtalique qui, par saponification, nous a donné 12^g de myrtanol :

l-myrtanol : $E_{22} = 126,5$-$127°,5$; $d_0^0 = 0,9858$; $n_D^{20} = 1,4898$; $[\alpha]_D = -26°,06$. — *i-myrtanol* : $E_{19} = 122$-$123°$; $d_0^0 = 0,9859$; $n_D^{21} = 1,4894$. — éther phtalique acide : actif F. 108,5-109°; $[\alpha]_D = -15°,0$; inactif F = 114,5-116°. — éther acétique *l* : $E_{19} = 127,5$-$128°,5$; $d_0^0 = 1,0017$; $n_D^{20} = 1,4700$; $[\alpha]_D = -21°,51$.

Spectres Raman. — Si l'on met à part les points de fusion des éthers phtaliques, les caractéristiques précédentes paraissent tout à fait insuffisantes pour permettre de distinguer les produits obtenus et d'affirmer qu'ils constituent des isomères distincts et purs.

Au contraire, les spectres Raman précisent sans ambiguïté la nature distincte de ces deux produits.

Iso-myrtanol : 355 (f. 2); 616-626 (f. 6); 653-66 (f. 5); 771-96 (b. 3); 819 (n. 5); 861 (n. 10); 937 (f. 4); 961 (b. 3); 1008 (f. 3); 1021-46 (b. 10); 1084 (a. n. 4), 1157 (f. 4); 1182-91 (b. 3); 1211 (f. 2); 1233 (f. 4); 1445-81 (b. 10).

Myrtanol. — 368 (f. 2); 379 (f. 2); 535 (f. 2); 549 (f. 1); 663 (an. 5); 676 (an. 3); 792 (an. 3); 802 (an. 3); 821 (an. 1); 857 (an. 8); 877 (f. 3); 906 (f. 2); 937-58 (b. 4); 992 (an. 4); 1046 (n. 6); 1100 (an. 3); 1141-69 (b. 3); 1196-1213 (b. 3); 1234 (f. 3); 1263 (f. 3); 1287 (f. 3); 1446 (an. 8); 1460 (an. 8).

Acétate d'isomyrtanyle. — 621 (n. 3); 666 (f. 1); 821 (f. 2); 859 (an. 4); 939 (f. 1); 957 (f. 1); 1024-46 (b. 3); 1085 (an. 3); 1159 (an. 4); 1190 (an. 3); 1238 (b. 1); 1444-83 (b. 8); **1746** (an. 1).

Acétate de myrtanyle. — **387** (an. 2); 530 (f. 2); 550 (f. 1); **646** (an. 4); 664-78 (f. 3); 788-804 (b. 3); 821 (an. 2); 841-62 (f. 4); **914** (f. 2); 938-58 (b. 4); **997** (an. 3);

1047 (an. 4); **1109** (an. 3); 1149 (f. 2); 1169 (f. 2); 1199 (f. 2); 1213 (an. 2); 1236 (an. 2); 1266 (an. 2); 1293 (f. 2); 1315 (b. 2); 1444 (an. 5); 1460 (an. 5); **1747** (an. 3).

L'étude de ces spectres nous permet de tirer les conclusions suivantes :

1° les deux alcools obtenus par nous, l'un par hydrogénation catalytique, l'autre par l'action hydrogénante du sodium, sont deux variétés isomériques très nettement différentes et d'ailleurs pures. Elles doivent correspondre aux deux isomères prévus par la théorie.

2° si l'on compare les spectres des alcools à ceux de leurs éthers, on constate que, si l'on met à part la raie 1747 qui appartient au radical acétyle, les spectres de l'acétate d'isomyrtanyle et celui de l'alcool correspondant sont pratiquement identiques.

Au contraire des différences notables (longueurs d'ondes en chiffres gras dans le spectre de l'acétate) apparaissent entre le spectre du myrtanol et celui de son acétate.

Par similitude avec ce que nous avons constaté dans les cas analogues (isobornéol et bornéol par exemple) nous croyons pouvoir conclure *que l'isomyrtanol correspond à la forme* cis *tandis que le myrtanol correspond à la forme* trans.

Bien que le phénomène soit différent, puisque l'isomérie est créée ici par l'hydrogénation de la double liaison, nos conclusions sont à rapprocher des résultats obtenus par les Vavon (1) dans l'hydrogénation de la tétrahydrocarvone. Par le platine il obtient le carvomentol *cis*, par le sodium le carvomentol *trans*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la polymérisation de l'acétylène sous l'influence de la chaleur. Sur un hydrocarbure gazeux jaune : le chlorène.* Note (2) de MM. **Georges Mignonac** et **Erwin Ditz**, présentée par M. Paul Sabatier.

Berthelot a indiqué que la chaleur peut agir sur l'acétylène : 1° en le décomposant en carbone et hydrogène; 2° en le transformant, par polymérisation, en benzène et en une série de carbures aromatiques identiques à ceux du goudron de houille.

Depuis, la polymérisation thermique de l'acétylène a été fréquemment

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 1125.

(2) Séance du 23 juillet 1934.

étudiée; mais la plupart des expérimentateurs ont eu pour but de réaliser, à partir de l'acétylène, la synthèse des carbures aromatiques. Pour cela ils ont surtout cherché à préciser les conditions de températures les plus favorables à cette transformation et aussi l'influence catalytique de certaines substances.

Nous nous sommes proposé de mettre en évidence les premiers termes de la polymérisation pour en étudier le mécanisme et pour comparer l'action de la chaleur à celle de l'effluve.

Zelinsky (¹) avait trouvé dans les produits de la polymérisation thermique un carbure acétylénique C^4H^2 qu'il avait identifié avec le diacétylène de Baeyer, mais dans la suite la formation de ce carbure fut mis en doute (²).

L'un de nous a montré, avec M. Vanier de Saint-Aunay (³), que l'acétylène peut conduire par polymérisation au moyen de l'effluve à des carbures acétyléniques C^6H^6 isomères du benzène et établi, dans ce cas, le mécanisme de la condensation de l'acétylène.

Nous avons repris l'étude de l'action de la chaleur sur l'acétylène en réalisant, comme dans la polymérisation électrique, l'évacuation immédiate des produits formés et leur condensation à basse température.

L'acétylène purifié avec soin est dirigé dans un tube de quartz de 5^{mm} de diamètre intérieur, chauffé électriquement et maintenu à une température voisine de 750°. La vitesse du courant gazeux est de l'ordre de 1 mètre à la seconde. A la sortie du tube les gaz sont immédiatement dirigés dans une série de condenseurs maintenus à —70°, puis repris par une pompe de circulation et renvoyés dans le tube de quartz; des voluménomètres permettent de mesurer à chaque instant la quantité d'acétylène transformé et la vitesse de polymérisation.

Dans ces conditions la polymérisation est la réaction dominante; la décomposition en carbone et hydrogène n'atteint pas 1/1000ᵉ de l'acétylène polymérisé. On recueille dans les condenseurs un liquide coloré en jaune renfermant une forte proportion de benzène, mais dont on peut séparer, par fractionnement, d'abord de l'acétylène, puis un carbure gazeux de point d'ébullition beaucoup plus élevé (Eb + 7°). Ce dernier possède les caractères d'un carbure acétylénique, donne avec le réactif cuprique un pré-

(¹) N. Zelinsky, *Ber. d. Dtsch. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 264.
(²) F. G. Muller, *Helv. chim. Acta.*, 8, 1925, p. 826.
(³) G. Mignonac et Vanier de Saint-Aunay, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 959.

cipité jaune orangé, précipite en blanc le réactif de Béhal et est entièrement absorbable par le réactif de Lebeau. Les combustions eudiométriques nous conduisent à le considérer comme un dimère de l'acétylène de formule C^4H^4. Ce carbure est stable à l'état gazeux ; il conduit, par refroidissement, à un liquide incolore qui, après 15 jours n'a pas manifesté des signes d'altération.

Mais en poussant plus loin le fractionnement et surtout en traitant le mélange de carbures peu de temps après sa formation, nous avons pu isoler un autre dimère de l'acétylène, C^4H^4, qui possède le caractère remarquable d'être jaune à l'état gazeux. Cette coloration apparaît déjà dans les cloches à gaz, nous avons pu l'observer beaucoup plus nettement en introduisant le gaz dans un tube de 1 mètre ; vu sous cette épaisseur il apparaît *jaune verdâtre comme le chlore*. En raison de cette parfaite analogie de coloration nous le désignons sous le nom de *chlorène*, ce qui indique, en outre, son caractère de carbure non saturé.

Le chlorène réagit sur les réactifs des carbures acétyléniques, est entièrement absorbable par le réactif cuprique avec lequel il donne un précipité jaune d'or. Par refroidissement, il conduit à un liquide verdâtre [1].

Le chlorène n'est pas indéfiniment stable. Si on l'abandonne, même en tube scellé, il perd peu à peu sa coloration et paraît donner le premier carbure C^4H^4 incolore.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude des figures de corrosion du verre.* Note [2] de M. **Jean Herbert.**

Leydolt (1852), puis Zirkel (1863) et Wheterill (1866) [3] attirent l'attention sur les figures de corrosion à *forme géométrique* rappelant celles que l'on observe sur les faces des cristaux corrodés et que l'on obtient en attaquant le verre par l'acide fluorhydrique. Cette observation les conduisit

(1) Nous n'avons pu déterminer exactement le point d'ébullition du carbure coloré parce que nous l'avons toujours obtenu mélangé à son isomère incolore. Nous pouvons indiquer cependant qu'il bout un peu plus haut que ce dernier.

(2) Séance du 16 juillet 1934.

(3) Leydolt, *Comptes rendus*, 34, 1852, p. 565 ; Daubrée, *Observations sur le métamorphisme*, p. 13 (Paris, 1858) ; Zirkel, *Sitzungber. der Wien. Ak.*, 47, 1863, p. 226 ; Wheterill, *Silliman Am. J.*, 40, 1866, p. 16 ; Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, 2, 1879, p. 213 ; Jackson et Rich, *Soc. Chem. ind.*, 59, 1901, p. 555.

à considérer le verre comme une matière hétérogène formée de deux substances, l'une cristalline enrobée dans l'autre, amorphe. Daubrée (1858) et Wyrouboff (1879) (*loc. cit.*) constatèrent que ces figures de corrosion ne sont que l'empreinte des cristaux de fluosilicates et réfutèrent cette opinion.

Se proposant de reprendre le problème de la constitution du verre en utilisant cette observation, Jackson et Rich (1901) (*loc. cit.*) publièrent un Mémoire où ils indiquent que les figures de corrosion n'apparaissent pas toujours, ils laissèrent ce fait sans explication et ne formulèrent aucune conclusion définitive.

Nous avons cherché à expliquer le mécanisme suivant lequel se produisent ces figures de corrosion dont le faciès change avec le mode d'attaque, et n'ont rien de commun avec celles qui se forment lorsqu'on attaque des cristaux avec un réactif approprié. Quand on les examine, on est frappé de leur ressemblance avec les cristaux de fluosilicate de sodium et de calcium, mais alors que ces derniers ont une action sur la lumière polarisée, puisqu'ils n'appartiennent pas au système cubique, les figures de corrosion sont toujours inactives. D'ailleurs nous avons obtenu des figures de corrosion ayant la forme des cristaux de fluosilicate de calcium en déposant des cristaux de ce sel sur une lame d'un verre ne contenant pas de calcium que l'on soumettait à l'action des vapeurs d'acide fluorhydrique. Comme on pouvait s'y attendre pour une même température et une même concentration des vapeurs d'acide fluorhydrique, la perte de poids est proportionnelle au temps : en 3 minutes, 6,5; en 15 minutes, $32^{mg},5$, soit $5 \times 6,4$. Il est plus intéressant encore de constater que si l'on pénètre dans le verre à la même profondeur, les dimensions des figures de corrosion croissent avec le temps. Le dispositif expérimental adopté est très simple : il consiste à poser une lame de verre sur un creuset de platine maintenu à température constante par une plaque chauffante électrique, la lame de verre est pesée avant et après chaque attaque suivie de lavage.

La composition chimique du verre a une influence prépondérante, car pour avoir des figures de corrosion, il faut des sels qui cristallisent bien, c'est-à-dire des fluosilicates répondant à des conditions de solubilité bien déterminées. L'influence de la composition du bain de corrosion n'a pas une importance moindre, car la forme des cristaux qui se déposent sur le verre dépend de la concentration et de l'acidité du milieu. L'acide fluosilicique se forme dès que l'acide fluorhydrique est en contact avec le verre. En effet, ayant déposé une goutte d'une solution saturée de fluorure de sodium sur du verre, nous avons ajouté une trace d'acide fluorhydrique sous

l'objectif du microscope et des cristaux de fluosilicate de sodium sont apparus immédiatement. La réaction

$$SiF^6Ca + 2\,HF \rightleftharpoons CaF^2 + SiF^6H^2$$

est réversible, la teneur en calcium de la phase liquide dépend donc de la concentration en HF et en SiF^6H^2.

Lorsqu'on attaque un verre calcosodique par une solution aqueuse d'acide fluorhydrique, la solution reste limpide quelques instants, puis elle se trouble par suite de la précipitation du fluorure de calcium comme l'indique la réaction indiquée plus haut. La solution contient alors un peu de fluosilicate de calcium et de sodium et du fluorure de sodium. Analyse du précipité : $CaO = 63^{mg}$; $Na^2O = 2,3$. Analyse de la solution : $CaO = 2^{mg},4$; $Na^2O = 49^{mg}$.

Par la suite la concentration en acide fluorhydrique devient de plus en plus faible, alors que celle de l'acide fluosilicique est croissante et le CaF^2 se redissout. Les cristaux de fluosilicate de sodium se déposent les premiers sous forme de prismes hexagonaux reposant sur la face *m* ou *p* suivant la concentration du milieu. Le fluosilicate de calcium cristallise ensuite sous forme d'aiguilles. Les figures de corrosion dans ce cas se présentent sous forme d'étoile à six branches, empreinte des cristaux de fluosilicate de sodium. Les formes des cristaux fluosilicate de calcium n'apparaissent pas, car la solution n'était plus corrosive lorsqu'ils se sont déposés. Le rapport CaO/Na^2O est le même dans les produits de l'attaque et dans le verre.

Quand on attaque le verre par les vapeurs d'acide fluorhydrique les figures de corrosion ont un aspect différent, elles ressemblent aux cristaux de fluosilicate de calcium. Ce fait s'explique par le fait que dans ces conditions la concentration en acide fluosilicique est beaucoup plus grande, et l'on est en présence d'une solution concentrée de fluosilicate de sodium et de calcium. En observant la cristallisation au microscope, on constate que les sels se déposent presque simultanément, seul le fluosilicate de calcium est dans de bonnes conditions pour donner de beaux cristaux.

Contrairement a ce qu'indique Leydolt la vitesse du refroidissement du verre n'a aucune influence sur la forme des figures de corrosion.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des îles Canaries, considérée dans ses rapports avec le problème de l'Atlantide.* Note [1] de M. G. DENIZOT.

Les îles éparses dans l'Atlantique moyen ont souvent été prises pour les sommités d'un ancien continent, reliant plus au moins directement l'Afrique occidentale à l'Amérique, et dont l'effondrement aurait été assez tardif pour se trouver enregistré dans les traditions que nous a transmises Platon.

Ces îles sont essentiellement constituées d'épanchements volcaniques tertiaires et quaternaires : cependant à Fuerteventura et aux îles du Cap Vert, le socle est représenté par des schistes et calcaires métamorphiques. On distingue une masse éruptive ancienne, trachy-phonolitique, où s'intercalent des conglomérats miocènes; puis, après de grands ravinements, des laves basiques avec projections surtout pliocènes; enfin une phase quaternaire, avec édification du Pic de Teide et des éruptions historiques [2].

1. Les relations avec le Miocène marin, non seulement aux Canaries, mais aussi à Madère, où ce Miocène monte à plus de 400^m, et aux Açores, prouvent l'importance des éruptions sous-marines et le régime océanique, vers le second tiers de l'ère tertiaire, de la partie correspondante de l'Atlantique. Il y a eu depuis de grandes déformations, mais de sens divers et, pour les cas reconnus, dans le sens du relèvement.

2. Le Quaternaire marin est connu, à la Grande Canarie : Lyell l'a décrit à Las Palmas, où le niveau pouvait atteindre 30^m, avec des coquilles actuelles et quelques émigrées comme *Strombus bubonius* [3].

J'ai reconnu un autre gisement à Agaete, nord-ouest de l'île, dans un cailloutis recouvrant et remaniant les laves basiques récentes suivant un niveau voisin de 80^m, avec *Pectunculus violascens*, *Pecten Jacobaeus*, *Chlamys pes-felis*, *Lima squamosa*, *Astarte castanea*, *Venus verrucosa*, *V. multilamella*, *Turbo rugosus*, *Columbella rustica*, *Ranella lævigata*, *Conus mediterraneus*.

Le Quaternaire marin a été observé aussi à l'île de la Palma, par Von Fritsch [4], entre 6 et 13^m; et à Téneriffe par Navarro. Il existe aux Iles du Cap Vert, comme sur les côtes africaines.

---

(1) Séance du 16 juillet 1934.

(2) Voir C. GAGEL, *Die Mittelatlantischen Vulkaninseln, in Handb. reg. Geol.*, VII-10, 1910; F. NAVARRO, *XIVe Congr. géol. intern.*, Madrid, 1926, Exc. A-7; Mme JERÉMINE, *Bull. Soc. fr. Minéral.*, 56, 1933, p. 189. L'indication du Crétacé aux Canaries a été reconnue inexacte (NAVARRO, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 796).

(3) *Éléments de Géologie*, 6e édition française, 2, p. 393.

(4) *Zeitsch. Deutsch. Geol. Ges.*, 14, 1862, p. 547.

3. Les Canaries ont des côtes ordinairement escarpées : pourtant, ces îles sont entourées de larges socles continentaux. La courbe — 120^{m} est refoulée jusqu'à 7^{km} au large de Gran Canaria et de La Gomera; elle réunit Fuerteventura et Lanzarote avec leurs îlots en une seule île allongée devant la côte africaine, elle-même considérablement accrue. Cependant les fonds voisins vont à 3000^{m}.

4. La morphologie apparaît des plus nettes : Gran Canaria et La Gomera, dans leur forme grossièrement circulaire, se présentent comme des coupoles surbaissées culminant à 1950^{m} et à 1375^{m}, et dont la bordure est tranchée à pic sur le littoral. Elles sont découpées par de profonds ravins ou « barrancos » séparés par des crêtes aiguës : ces crêtes tombent à pic sur la mer, alors que les barrancos débouchent sur des échancrures insignifiantes. A Ténérife, on observe souvent, en outre, des vallons suspendus sur les falaises. Enfin, les cailloutis de thalwegs ne prennent de l'épaisseur, et limitée à quelques mètres, qu'aux débouchés mêmes. Toutes ces dispositions sont antérieures à un affaissement qui, dans des territoires aussi profondément sculptés, auraient créé des ingressions marines dans des barrancos où la courbe + 100^{m} pénètre parfois sur plusieurs kilomètres. Car alors ces ingressions auraient été marquées, soit par des golfes longs et étroits, soit par d'épais comblements fluvio-marins.

L'ensemble de ces observations atteste une grande permanence, incompatible avec les effondrements très récents de l'ordre de 4000^{m}, que réclame la théorie de l'Atlantide.

Les observations d'ordre biologique n'atteignent pas cette conclusion : elles établissent surtout des affinités avec le Pliocène de l'Europe occidentale [1], et la flore en particulier, comme l'a montré J. Pitard, offre un endémisme très prononcé. Beaucoup d'espèces communes avec l'Afrique ou l'Amérique sont imputables à des transports accidentels, par les Algues circulant en mer, par les Oiseaux, par l'Homme lui-même. Si d'anciennes liaisons paraissent certaines au cours du Tertiaire, rien n'implique leur persistance au cours du Quaternaire, et surtout au seuil de l'Histoire.

Ainsi, la submersion des territoires atlantiques était déjà accomplie vers le milieu du Tertiaire : ensuite, l'accumulation des produits volcaniques a reconstitué des terres émergées, dont les relations ont été par moments faciles avec le continent africain. Mais ces relations ont cessé de bonne heure : l'Homme n'a sans doute pas été témoin de leur suppression violente, mais seulement de phénomènes volcaniques grandioses comme l'édification du Pic de Teide. Il a été victime d'éruptions qui se sont poursuivies jusqu'à nos jours, et ceci suffit à expliquer les légendes.

---

(1) L. Germain, *Ann. Géogr.*, **22**, n° **123**, du 15 mai 1913; *Comptes rendus* **153**, 1911, p. 1035.

GÉOLOGIE. — *Sur les ruptures des Chaînes Provençales aux confins des Régions varoises septentrionale et orientale.* Note ([1]) de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

Comme je l'ai montré ([2]), il convient de considérer comme autochtones les terrains secondaires ondulés et plissés qui encadrent la vallée du Verdon au sud de Castellane. Des faciès provençaux intéressent spécialement le Jurassique et m'ont fait employer le vocable « régions varoises » pour des contrées subalpines où les caractères varois sont prédominants.

Quelques-uns des accidents transversaux qui affectent ces séries ondulées sont particulièrement apparents aux environs de Jabron et de Comps. Ils entraînent généralement des surplombs topographiques du Jurassique supérieur, au-dessus de l'Éocrétacé et du Cénomanien, localement déprimés, ce qui a pu faire croire à des recouvrements et à des fragments de nappe. L'analyse des intersections ne permet pas une telle interprétation.

1° L'une de ces brusques dénivellations apparaît dans la petite clue du Jabron, au sud-est de Brenon. Il n'y a pas, en ce point, un Néojurassique accompagné d'un Éocrétacé en fenêtre *sous* un autre Jurassique supérieur flottant ([3]). Une observation attentive des contacts montre que le Portlandien entaillé par le torrent au niveau du Pont aux Barres fait corps avec le Portlandien qui surplombe la rive droite. L'Éocrétacé du thalweg le couvre normalement et se trouve affecté d'un petit repli synclinal qui n'intéresse que le bord sud du Jurassique. Quant aux Calcaires blancs du Signal de Clare qui dominent le Néocomien de la rive gauche, ils surgissent simplement. Tout le long du contact, les bancs du complexe Hauterivien-Barrémien subverticaux sont plaqués contre les bancs portlandiens. Nulle part il ne peut être question de chevauchement de ces derniers. D'ailleurs, au Nord, l'ensemble plonge périclinalement sous le Cénomanien de la Baraque et, au Sud-Est, sous le Barrémien des Granges.

2° Une semblable disposition n'intéresse que les bancs du Portlandien rompus de part et d'autre du défilé de l'Artuby, dans le petit massif de Mountadoua. Au contraire, sur le versant sud-ouest, au-dessus du hameau

---

([1]) Séance du 2 juillet 1934.

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2189, et 199, 1934, p. 217.

([3]) W. Kilian, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 25, 1925, p. 25.

d'Endosse, le même Néojurassique, entouré d'Éocrétacé, plonge périclinalement sous le Cénomanien.

3° Une autre dénivellation transversale borde à l'Est le Jurassique supérieur qui surplombe le grand vallon crétacé N-S suivi par la route de Comps à Jabron au delà du Col de la Croux. La surrection prend, en quelques points, une allure légèrement chevauchante mais, d'une façon constante, les couches éocrétacées sont très redressées au contact d'un Portlandien subvertical. Et ce Portlandien forme un dôme allongé qui s'enfonce au Sud, à l'Ouest et au Nord sous sa couverture néocomienne normale.

4° Le même Portlandien se prolonge jusqu'à Comps et, immédiatement au sud du village, est affecté de deux ruptures parallèles dirigées NE-SW, le long desquelles, sur le bord ouest d'un Éocrétacé subvertical au contact et déprimé, les Calcaires Blancs surgissent avec de remarquables miroirs et une brèche de friction très nette.

5° Plus à l'Est, un étroit chenal NW-SE entame les hauts plateaux jurassiques étalés au delà de Comps. Il est occupé, dans sa partie médiane, par des dépôts détritiques tertiaires et, sur ses bords, par des marno-calcaires néocrétacés très redressés contre un Portlandien faisant saillie de part et d'autre de la dépression. Aucun recouvrement n'apparaît au contact qui semble marquer une zone effondrée entre deux surplombs de Calcaires Blancs. D'ailleurs, la surrection de ces derniers s'atténue au Nord où l'on constate leur enfoncement régulier sous le Barrémien et le Cénomanien de la vallée de l'Artuby.

6° Au nord de Bargème et de la Bastide, les saillies du Portlandien qui accidentent, toujours transversalement, les montagnes de Brouis et de la Chens sont du même type. Il n'y a pas de « fenêtre », *sous* le Jurassique, montrant un substratum de Lutétien lacustre et de Néocrétacé dans la dépression des Mayons.

Quant aux ruptures longitudinales qui ont entraîné les chevauchements plus ou moins marqués vers le Sud des Chaînes Provençales dans les régions en question, elles ont plus d'importance et leur attribution à des mouvements alpins demeure évidente. Précisons cependant que ces répercussions ont morcelé un ensemble autochtone, précédemment plissé, cette orogénèse antérieure, de sens provençal, n'ayant donc provoqué aucune formation de nappe ni de digitations frontales. Quelques refoulements vers le Sud s'accompagnent d'une mylonitisation dans les contacts anormaux ainsi déterminés, en particulier dans le chaînon du Mousteiret, au nord de Malamaire. Mais ces affleurements de Néojurassique et d'Éocrétacé broyés n'impliquent

aucun chevauchement de longue distance. L'exemple de ce chaînon est net, à cet égard, avec son abaissement d'axe vers l'Ouest et son ennoyage régulier et périphérique sous le Cénomanien de La Bâtie. Enracinement qui devra être retenu pour une prochaine révision des hypothèses tectoniques émises sur le prolongement vers l'Est des Chaînes Provençales considérées. Il semble acquis, dès maintenant, que, là encore, une notion d'autochtonie se substituera à celle de grands déplacements tangentiels d'origine méditerranéenne.

Reste le contraste des faciès entre les régions étudiées et leur bordure alpine. J'en ai indiqué jadis les démarcations, spécialement pour le Jurassique. Il n'y a pas lieu de les modifier. Rappelons qu'au nord immédiat de Castellane, les faciès alpins apparaissent dans la chaîne de la Blache dont l'axe NW-SE subit un remarquable abaissement dans la dépression de La Palud et dont le bord WSW et S chevauche les séries provençales de Saint-Vincent et de Destourbes. Mais une donnée se dégage des observations que j'ai résumées : les limites de faciès des séries provençales ne sont pas des limites tectoniques.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Les enregistrements d'atmosphériques à Tamanrasset (Hoggar) au cours de l'*Année polaire. Note [1] de MM. **R. Failletaz** et **R. Bureau**, transmise par M. Ch. Maurain.

Des enregistrements continus d'atmosphériques ont été effectués de janvier à septembre 1933 à Tamanrasset (22°,45; N; 5° E) par la mission française de l'*Année polaire* sur les ondes de 27 Kc/s (11 000^{m}) et de 12 Kc/s (25000^{m}).

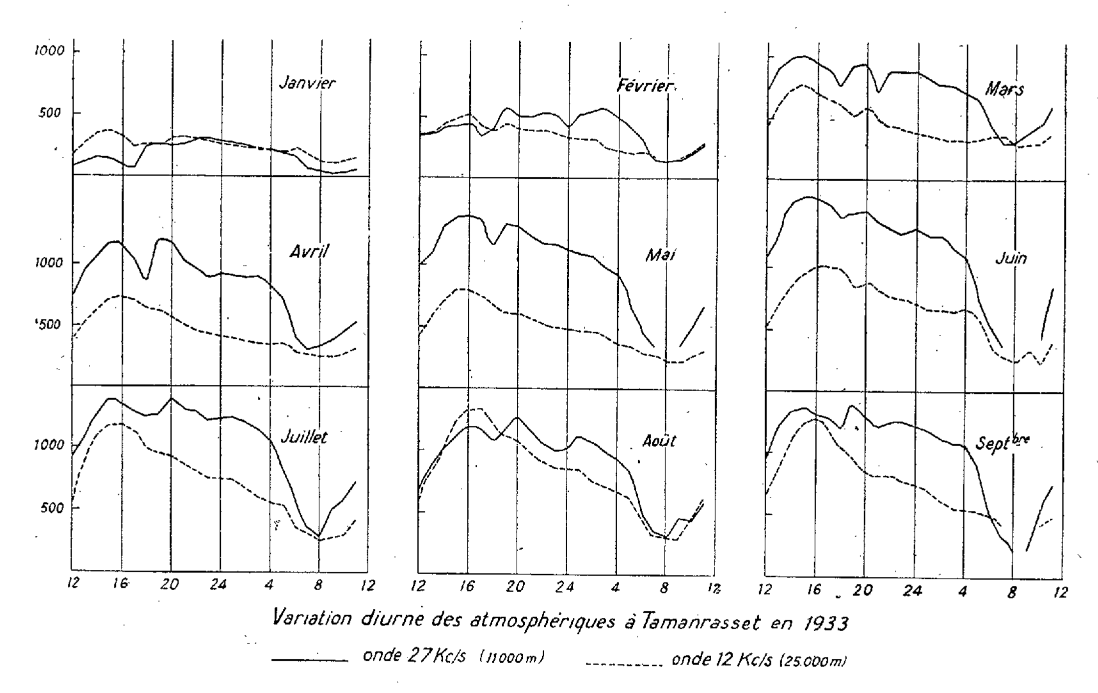
Le seuil au delà duquel les enregistreurs comptaient le nombre d'atmosphériques a été maintenu fixe pendant toute cette période grâce à un étalonnage quotidien. Un système démultiplicateur précédant les relais permettait de n'enregistrer qu'un atmosphérique sur deux, cinq ou dix et de rester dans les limites de fonctionnement correct de l'inscripteur tout en maintenant constante la sensibilité des amplificateurs et en conservant aux courbes leur valeur comparative.

---

(1) Séance du 16 juillet 1934.

La figure ci-dessous donne la variation diurne moyenne mensuelle à Tamanrasset sur les ondes et dans la période considérées.

Variation diurne. — Sur 27 Kc/s s'observent un maximum d'après-midi culminant vers 16h T. M. G. et un maximum nocturne composé lui-même de deux maxima, le plus élevé étant celui du début de la nuit. Un minimum principal s'étale le matin après une chute assez brutale au lever du Soleil et un minimum assez rapide se creuse au coucher du Soleil. Les maxima de nuit et d'après-midi ont sensiblement la même valeur.



Variation diurne des atmosphériques à Tamanrasset en 1933

——— onde 27 Kc/s (11000 m) - - - - - onde 12 Kc/s (25000 m)

Sur 12 Kc/s, les deux maxima se soudent en un seul qui culmine l'après-midi et un unique minimum apparaît le matin après une chute matinale beaucoup moins brutale que sur 27 Kc/s.

Variation annuelle. — Les maxima s'élèvent quand on se rapproche de l'été. En même temps le minimum du soir (27 Kc/s) tend à se combler et le maximum d'après-midi à l'emporter sur celui de nuit.

Courbes individuelles. — Les exemples sont nombreux de parallélisme total des courbes de Tamanrasset, Tunis, Rabat, Paris. Seules les variations rapides liées aux lever et coucher du Soleil sont décalées en fonction des heures de ceux-ci. Cependant, fait inattendu, la descente observée sur 12 Kc/s au lever du Soleil est souvent synchrone à Paris et Taman-

rasset (¹), malgré les différences sensibles dans l'heure du lever du Soleil.

Explications. — Les parallélismes individuels, l'allure classique des courbes moyennes montrent une prédominance fréquente des atmosphériques provenant de sources lointaines (atmosphériques de propagation) sur ceux provenant de sources proches malgré le voisinage des zones orageuses des tropiques. Ce voisinage se révèle cependant par la disparition progressive en été du minimum du soir, par la prédominance du maximum du début sur celui de la fin de la nuit (27 Kc/s), par celle du maximum d'après-midi (12 Kc/s); il devient manifeste sur des ondes de fréquence plus élevée (1000 et 5000 Kc/s) qui ne recueillent que des atmosphériques provenant de distances modérées.

Perturbations locales. — Les perturbations orageuses locales, assez nombreuses en août et septembre, ont très peu affecté l'allure générale des courbes; il s'agissait vraisemblablement d'orages isolés, formés sur le massif du Hoggar, à quelques centaines de kilomètres à peine de la station. Les décharges qu'ils provoquaient étaient trop peu nombreuses par rapport à l'ensemble de celles provenant de sources lointaines, pour réagir sur la forme des courbes.

En aucune saison, on ne put constater une recrudescence d'activité des atmosphériques au moment des vents de sable qui provoquaient simplement la charge de l'antenne à un potentiel élevé et qui entraînaient des décharges statiques, bien connues déjà dans les réceptions radioélectriques, en particulier au passage de certains cumulonimbus, de tempête de poussière, de chasse-neige, etc.

PHYSIOLOGIE. — *Perfusion de l'intestin et glycolyse.* Note de MM. **F. Rathery** et **P. M. de Traverse**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans des recherches précédentes nous avons constaté, avec M. Kourilsky et Mme Debienne, que le taux de la glycémie du sang porte est toujours plus bas que celui des autres vaisseaux de l'organisme. Nous avons cherché à préciser le rôle de l'intestin sur la glycolyse.

Sans doute, certains auteurs ont admis l'existence d'un pouvoir hypoglycémiant de la sécrétine; Zunz et La Barre ont montré que la sécrétine purifiée était sans action à ce point de vue et ils ont émis l'hypothèse qu'il

(¹) Aucun enregistrement sur cette onde n'a été fait à Tunis ni à Rabat.

peut exister dans la paroi intestinale un produit hypoglycémiant, soit par lui-même, soit par excitation de la sécrétion insulaire pancréatique. Takacs seul, à notre connaissance, a obtenu des résultats probants chez le chien normal ou dépancréaté aussi bien que sur l'homme diabétique, quelle que soit la voie d'introduction de l'extrait intestinal administré. Il conclut, en concordance avec l'hypothèse émise par Zunz et La Barre, qu'une partie de l'action est due à l'excitation pancréatique et l'autre relève d'une action spécifique.

Nous avons abordé le problème par trois voies différentes :

a. L'étude des extraits de muqueuse intestinale;
b. La perfusion de l'intestin;
c. L'étude des modifications d'un liquide sucré enfermé dans une anse intestinale isolée;
d. Destruction totale de la muqueuse intestinale et son action sur la glycémie.

Nous rapporterons, dans cette Note, le résumé de nos recherches sur la perfusion de l'intestin.

Technique. — Sans pouvoir insister ici sur les détails, nous signalerons seulement les points principaux :

a. Exclusion complète d'une anse intestinale d'un chien complètement anesthésié (anse non duodénale);
b. Perfusion avec un liquide sucré de même teneur en glucose que le plasma sanguin de l'animal;
c. Lavage avec ce liquide des vaisseaux de l'anse isolée;
d. Passage successif d'une portion du même liquide sucré, avec dosage du glucose après les divers passages;
e. Prélèvement témoin du premier liquide de perfusion qui séjourne à l'étuve pendant un temps équivalent à celui de la perfusion totale. Dosage du glucose dans ce liquide.

Résultats. — *a. Perfusion d'une anse grêle avec un liquide glucosé* (22 chiens). — Nous avons constamment (sauf chez un animal) noté un abaissement de la teneur en glucose des liquides issus de la veine, abaissement d'autant plus marqué que les perfusions étaient plus nombreuses.

Exemples :

	Avant.	1er pas.	3e pas.	5e pas.	7e pas.
Anicet	1,05	1,00	0,85	0,57	0,42
Tiburce	1,25	1,25	1,02	0,87	0,75
Prudent	1,45	1,25	1,07		

b. Perfusion d'un segment colique avec un liquide glucosé parallèlement

avec un segment grêle (3 chiens). — Nous avons constamment noté un abaissement de la teneur en glucose légèrement plus fort, il est vrai pour le grêle que pour le côlon.

Voici nos résultats pour la troisième perfusion chez les 3 chiens :

Avant.	Côlon.	Grêle.
1,54	1,27	1,25
0,98	0,64	0,61
1,46	1,28	1,23

c. Perfusion d'un rein parallèlement avec une anse grêle (3 chiens). — L'abaissement est toujours moins marqué pour le rein que pour l'intestin grêle :

Avant.	Rein.	Grêle.
0,95	0,75	0,50

d. Perfusion d'une anse grêle et d'un rein avec un liquide sucré additionné ou non d'insuline (6 chiens). — Pour l'intestin grêle, l'adjonction d'insuline paraît augmenter la chute de la teneur en glucose :

Avant.	Sans insuline.	Avec insuline.
1,07	0,78	0,50
0,68	0,57	0,52
0,75	0,62	0,52

Pour le rein, l'addition d'insuline paraît sans action :

Avant.	Sans insuline.	Avec insuline.
0,82	0,75	0,75
1,60	1,37	1,45

Conclusion. — La perfusion d'un liquide sucré dans les vaisseaux de l'intestin grêle (le duodénum excepté) au niveau d'une anse exclue, détermine une chute de la teneur en glucose. Cette chute se retrouve au niveau du côlon, elle est moins marquée dans ce dernier.

L'adjonction d'insuline au liquide de perfusion paraît favoriser la glycolyse (toutes réserves faites sur le petit nombre d'expériences effectuées à ce point de vue).

La perfusion du rein donne également des baisses de glucose mais beaucoup plus faibles. D'autre part l'adjonction d'insuline paraît ici sans effet.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Variations extemporanées de la chronaxie sous l'influence de la douleur provoquée dans le rhumatisme chronique.* Note de M. **Georges Bourguignon**, transmise par M. d'Arsonval.

A la suite de mes travaux sur les variations de la chronaxie d'origine humorale dans la tétanie et l'hyperparathyroïdie, j'ai recherché s'il y avait ou non des variations d'origine semblable dans le rhumatisme chronique chez des malades qu'on m'avait adressés pour examen électrique.

Les résultats des premiers examens furent en apparence contradictoires. Sur quatre malades, la chronaxie était normale chez les uns, augmentée ou diminuée chez les autres, variable même d'un jour à l'autre chez un même sujet.

Seul, l'un de ces malades, qui était immobilisé au lit par ankylose du genou et des hanches avec atrophie réflexe, avait une chronaxie doublée au membre inférieur des deux côtés.

Chez tous ces malades, la calcémie était normale ou à peine modifiée. Il ressortait donc de ces examens qu'il n'y avait aucun rapport entre la calcémie et les variations de la chronaxie. Seul, le malade, qui avait une ankylose complète, avait une augmentation systématique des points moteurs des muscles agissant sur les articulations ankylosées, suivant la loi des *répercussions*.

Plus tard, en examinant en mars 1933 une malade chez qui la chronaxie du biceps droit variait d'un jour à l'autre, je constatai que les jours où la chronaxie était le plus augmentée, la malade souffrait beaucoup, tandis qu'elle souffrait beaucoup moins les jours où la chronaxie était plus voisine de la normale. Il semblait donc que les variations de la chronaxie étaient en rapport avec les variations d'intensité de la douleur. Aussi, le 6 mai 1933, je fis l'expérience suivante : ce jour, où la malade souffrait peu, le fléchisseur superficiel du troisième doigt droit avait une chronaxie normale ($0^\sigma,22$). L'avant-bras fut alors placé dans une position douloureuse (pronation forcée) : immédiatement la chronaxie doubla de valeur ($0^\sigma,44$). En remettant ensuite l'avant-bras dans une position *non douloureuse*, la chronaxie reprit sa valeur normale.

Cette expérience fut répétée ensuite chez trois autres malades : elle donna les mêmes résultats.

Je me suis assuré que la position elle-même n'était pour rien dans les

variations, car la chronaxie était la même dans toutes les positions, pourvu qu'il n'y eût pas de douleur. J'ai d'ailleurs constaté le même fait chez l'Homme normal, lorsque, dans le changement de position, on évite d'étirer les muscles.

De ces faits, on peut donc tirer les conclusions suivantes :

1° Dans le rhumatisme chronique, il n'y a aucune variation de la chronaxie d'origine humorale;

2° Quand il y a de l'atrophie musculaire réflexe, on observe l'augmentation de la chronaxie par répercussion, comme dans toutes les atrophies réflexes;

3° Toute position douloureuse fait augmenter ou diminuer instantanément la chronaxie des muscles du segment maintenu en position douloureuse : *c'est un exemple de plus de l'action des centres sur la chronaxie que j'ai démontré pour la première fois en* 1921.

Une conséquence pratique de ce fait est qu'il faut éviter aux malades atteints de rhumatisme chronique toute position et tout mouvement capables de provoquer de la douleur.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Dispersion rotatoire des sérums de lapins normaux et syphilitiques.* Note (1) de M. **Mladen Paić**, présentée par M. G. Urbain.

D'après P. Rondoni (2) le pouvoir rotatoire des sérums humains donnant la réaction de Bordet-Wassermann serait en général d'environ 30 pour 100 supérieur à celui des sérums ne donnant pas cette réaction. Ainsi la mesure du pouvoir rotatoire des sérums pourrait peut-être permettre le séro-diagnostic de la syphilis. Il nous a paru intéressant de reprendre ces recherches en étudiant la dispersion rotatoire des sérums des lapins normaux et syphilitiques.

Pour obtenir des sérums syphilitiques donnant la réaction de Meiniche positive (dans le cas des lapins cette réaction est plus caractéristique que celle de Bordet-Wassermann), M. Vaisman a inoculé aux lapins, par voie sous-scrotale, la souche Truffi. Tous les animaux présentaient un chancre. Avant la saignée, les lapins étaient à jeun depuis au moins 12 heures.

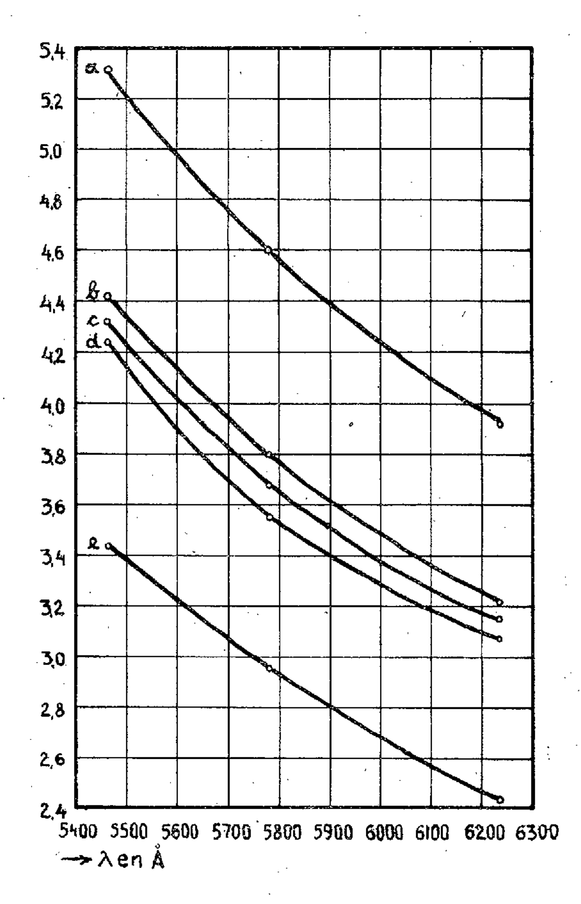
---

(1) Séance du 23 juillet 1934.

(2) P. Rondoni, *Ztschr. f. Immunitätsforsch. u. exp. Ther.*, 34, 1922, p. 416.

Seuls les sérums parfaitement clairs après centrifugation et exempts de traces visibles d'hémoglobine ont été utilisés.

Le pouvoir rotatoire a été déterminé pour la raie verte (5461 Å), jaune (5780 Å) et rouge (6234 Å) de l'arc à mercure. Le tube d'observa-



tion avait 10^cm de longueur. Les déterminations ont été faites à la température du laboratoire, sans emploi d'un thermostat. Celui-ci est superflu, car, d'après les recherches de Lecomte du Noüy ([1]), que nous avons pu confirmer, le coefficient de température du pouvoir rotatoire du sérum entre 10 et 60° C. est négligeable.

Sur la figure est représenté l'angle α, dont le plan de polarisation est tourné, en fonction de la longueur d'onde. Le pouvoir rotatoire des sérums

([1]) P. Lecomte du Noüy, *Ann. de l'Institut Pasteur*, 43, 1929, p. 749.

est toujours lévogyre. La courbe *d* présente la valeur moyenne de la dispersion rotatoire de 14 sérums normaux, la courbe *b* la valeur moyenne de 15 sérums syphilitiques. Les courbes *a* et *b* sont des extrêmes observés et elles correspondent aux sérums syphilitiques. La courbe *c* est la moyenne de tous les sérums observés.

La moyenne des pouvoirs rotatoires des sérums syphilitiques est à 7 pour 100 près identique à celle des sérums normaux. Cet écart est négligeable si l'on considère la différence notable des valeurs extrêmes observées et le nombre restreint de sérums examinés. D'autre part, la nature chimique des substances optiquement actives des sérums (surtout protéines) est la même pour les sérums syphilitiques et les sérums normaux [1], car les courbes respectives de dispersion rotatoire sont sensiblement de même forme, obéissant aux équations

$$\alpha_{5780} - \alpha_{6234} = 0,53 \pm 0,06,$$
$$\alpha_{5461} - \alpha_{5780} = 0,64 \pm 0,08.$$

Le pouvoir rotatoire α_m des sérums des lapins en fonction de la longueur d'onde λ (courbe *c*) peut être exprimé par l'équation empirique

$$\alpha_m = 50,56 - 1,455.10^{-2}\lambda + 1,115.10^{-6}\lambda^2,$$

valable entre 6234 et 5461 Å. La courbe *c* contient la valeur de α_m calculée pour la raie D du sodium (5893 Å).

Pour les sérums des lapins nous n'avons donc pas pu confirmer les résultats de Rondoni, car la comparaison de nos courbes montre qu'il n'y a pas de différence notable, ni du point de vue qualitatif, ni du point de vue quantitatif, entre la dispersion rotatoire des sérums normaux et syphilitiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'origine du déficit d'azote des cultures microbiennes aérobies.* Note de MM. **Maurice Lemoigne** et **Robert Desveaux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons démontré antérieurement que, dans des cultures microbiennes aérobies, en milieu peptoné, l'azote total reste constant dans le

---

(1) M. Paić, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 286.

premier stade de développement. Mais par la suite, dans certains cas, après des temps variables, on constate un déficit d'azote pouvant atteindre et dépasser 30 pour 100 de l'azote initial [1].

Nous avons recherché l'origine de ce déficit.

La technique employée ne permet pas de l'attribuer à la volatilisation de l'ammoniaque et l'étude comparative des méthodes de Dumas et de Kjeldahl indique qu'il ne peut tenir à une erreur analytique.

La dénitrification n'intervient pas dans les conditions expérimentales réalisées.

D'autre part, si l'on analyse les travaux qui concernent la décomposition microbienne des protéides, on constate que jamais on n'a trouvé de mécanisme chimique aboutissant à un dégagement d'azote en l'absence de composés oxygénés de cet élément [2]. La seule hypothèse vraisemblable que l'on puisse faire est celle de l'oxydation de l'ammoniaque. Elle a été déjà envisagée par divers auteurs et, notamment, par Kaserer au sujet d'une bactérie spécifique [3].

Nous avons cherché si cette hypothèse pouvait être vérifiée par une expérience directe.

Nous avons employé le *Bacillus pyocyaneus* avec le dispositif expérimental décrit antérieurement.

Mais, au lieu de doser simplement l'azote total, nous avons dosé simultanément :

l'azote du liquide après centrifugation (méthode de Kjeldahl);

l'azote ammoniacal du même liquide (distillation dans le vide en présence de magnésie);

le carbone du même liquide par la méthode de Nicloux modifiée par Boivin. Enfin, sur le culot microbien, nous avons dosé l'azote et le carbone. Tous ces dosages ont été faits en double et les résultats ont été concordants.

Dans une première série, l'azote initial était de $79^{mg},6$ pour 50^{cm^3} de culture. Les principaux résultats sont réunis dans le tableau suivant :

---

(1) M. Lemoigne et P. Dopter, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 160; M. Lemoigne, P. Dopter et R. Desveaux, *Bull. Soc. Ch. biol.*, 16, 1934, p. 18.

(2) M. Lemoigne, *C. R. Soc. Ch. biol.*, 14, 1932, p. 1113.

(3) Kaserer, *Zeits. angew. Chem.*, 19, 1906, p. 1681.

Jours.	Azote en milligrammes pour 50cm³ ammoniacal.	total.	perdu.	Azote pour 100 de l'azote initial ammoniacal.	perdu.	Carbone du CO^2 dégagé.
4.....	22,75	79,75	–	28,4	–	57,2
7.....	33,45	79,8	–	41,80	–	105,5
14.....	43,80	79,5	0,1	55,00	0,12	106,0
22.....	47,70	77,8	1,8	59,2	2,0	118,6
28.....	48,1	79,4	0,2	60,1	0,25	123
42.....	48,7	76,6	3	60,8	3,75	119
104.....	40,5	67,5	12,1	50,6	15,2	119,5
175.....	30,7	59,2	20,4	38,4	25,0	124

Une autre série, faite dans des conditions expérimentales un peu différentes, nous a donné des résultats de même ordre.

Nous voyons que le pyocyanique employé était peu actif au début, en ce qui concerne les pertes d'azote. Vers le 42ᵉ jour, il y a un léger déficit de 3 à 4 pour 100 et, après 175 jours, celui-ci a atteint le quart de l'azote initial.

Au début, nous voyons qu'il y a une formation considérable d'ammoniaque et un dégagement intense d'acide carbonique. C'est le phénomène de l'ammonisation avec utilisation des chaînes carbonées des acides aminés. Dans toute cette période, on retrouve la totalité de l'azote initial. Puis, l'azote ammoniacal, après être resté stationnaire, commence à décroître passant de $48^{mg},7$ à $30^{mg},7$. Or, simultanément, nous constatons le déficit d'azote. La chute de l'azote ammoniacal a été de 18^{mg} entre 42 et 175 jours et, pendant le même temps, la perte d'azote a été de 17,4. Cet azote ammoniacal ne peut passer à l'état organique comme stade intermédiaire, car le dosage du carbone indique qu'il n'y a pas eu de CO^2 dégagé pendant ce temps.

Conclusions. — Le déficit d'azote observé dans les cultures microbiennes aérobies est dû à une transformation de l'ammoniaque provenant de la décomposition des protides du milieu. Cette transformation ne peut être qu'une oxydation.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la filtrabilité du bacille tuberculeux.*
Note de M. **Harry Plotz**, transmise par M. F. Mesnil.

A la suite des recherches bien connues de Fontes (1910) sur la filtrabilité du virus tuberculeux, une hypothèse a été émise sur l'existence de deux formes de bacille tuberculeux : forme visible et forme ultramicroscopique, représentant deux stades évolutifs de ce microbe. Un très grand nombre de publications ont été consacrées à ce sujet, qui ont eu pour conséquence d'orienter l'étude des maladies infectieuses dans une voie nouvelle (1). Aussi la notion actuelle concernant l'ultravirus d'origine microbienne a-t-elle fini par rendre obscurs les rapports entre les microbes visibles et les virus ultramicroscopiques vrais.

Il est à signaler, en outre, que les partisans de l'existence des éléments filtrables du bacille tuberculeux ne sont parvenus à les mettre en évidence qu'à l'aide de souches particulières, et cela sans y réussir d'une manière constante. Les filtrats de cultures de bacille de Koch ou d'organes bacillifères sont considérés comme exempts de germes visibles. Cependant, en injectant de grands volumes de filtrats, on observe, chez le cobaye, l'éclosion d'une maladie bénigne et l'on constate la présence de bacilles acido-résistants dans les ganglions lymphatiques. En d'autres termes, certains éléments filtrables sur les bougies Chamberland L^2 sembleraient capables de donner naissance à des bacilles typiques, mais en nombre très limité. Ces bacilles, du reste, n'ont pu être cultivés que très rarement.

On voit que la conception de l'ultravirus tuberculeux repose sur l'hypothèse que le filtre Chamberland L^2 retient nécessairement les bacilles proprement dits et ne laisse passer que des éléments ultramicroscopiques, idée qui m'a toujours paru peu vraisemblable et qui s'est trouvée infirmée par des observations faites au cours de ces trois dernières années.

Sachant que les virus véritables, tels que le virus de la vaccine et celui de la peste aviaire, peuvent être concentrés par électrophorèse (transport des particules chargées vers une électrode), nous avons essayé de concentrer les éléments filtrables par cette méthode.

Les filtrats que nous avons employés ont été préparés pour nous par de Sanctis-Monaldi et par Birkhaug aux laboratoires de la Tuberculose de

(1) Voir Valtis, *Le Virus tuberculeux*, Paris, 1932.

l'Institut Pasteur, par les méthodes habituelles. Les expériences d'électrophorèse ont été faites en collaboration avec Mlle N. Choucroun, avec l'appareil décrit par cet auteur (1). Chaque essai a porté sur 30$^{cm^3}$ de filtrat soumis à un champ (qui a varié de 100 à 10 volts/cm) pendant des durées variant de 1 à 4 heures suivant la conductibilité du milieu. L'appareil était plongé dans un bain froid, de telle sorte que la température du liquide soumis à l'essai n'a jamais dépassé 30°. Après le passage du courant, on prélevait, aussi bien à l'anode qu'à la cathode, 1$^{cm^3}$ de liquide qu'on étalait sur des lames neuves. On recherchait alors la présence de bacilles tuberculeux.

Sur 19 filtrats ainsi traités et examinés, 9 nous ont fourni un résultat positif; nous avons retrouvé des bacilles à l'anode sept fois, une fois à la cathode et une fois aux deux pôles simultanément. Les bacilles sont en nombre très restreint; ils se présentent soit isolés, soit agglomérés en amas de 4 à 15 éléments.

Ces résultats sont d'accord avec ceux qu'ont signalés divers auteurs (2), qui ont mis en évidence la présence des bacilles tuberculeux dans les filtrats après centrifugation rapide.

Avec de Sanctis Monaldi, nous avons inoculé à des cobayes le liquide prélevé, soit à l'anode, soit à la cathode, de 15 filtrats traités comme nous l'avons indiqué, en suivant les indications de Ninni (3). Sur ces filtrats, 8 se sont montrés totalement négatifs, c'est-à-dire que les liquides prélevés à l'anode et à la cathode étaient exempts de bacilles ainsi que les ganglions inoculés. Dans deux cas, des bacilles ont été mis en évidence dans le liquide prélevé au pôle positif, mais rien n'a été trouvé après inoculation. Enfin, dans cinq cas, où nous avons décelé la présence de bacilles soit dans le liquide prélevé à l'anode, soit dans celui prélevé à la cathode, nous avons trouvé également des bacilles dans les ganglions inoculés avec les liquides respectifs.

Ainsi ces expériences montrent que le bacille tuberculeux peut passer à travers le filtre Chamberland L_2. *D'autre part, quand ces filtrats ne contiennent pas de bacilles après électrophorèse, on ne trouve pas non plus de bacilles dans les ganglions des cobayes inoculés avec ces filtrats. Par contre, lorsque dans un filtrat, nous sommes parvenus à déceler la présence de bacilles, nous les*

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 777.

(2) B. Martoatmodjo, *Thèse*, Leiden, 1931; Walker et Sweeny, *Journ. Infect. Diseases*, **54**, 1934, p. 182.

(3) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 597.

avons également retrouvés dans les ganglions inoculés avec ce filtrat, sauf dans deux cas.

Comment se fait-il que certains bacilles traversent le filtre? Et comment expliquer ce fait que les bacilles qui ont traversé le filtre provoquent une maladie bénigne, lorsqu'on les inocule aux animaux?

Étant donné qu'on suppose que la filtrabilité est en relation directe avec la charge des particules, on devait penser que les bacilles qui traversent le filtre portent une charge moindre que ceux qui sont arrêtés.

Pour répondre à ces diverses questions, nous avons entrepris, avec Mlle Choucroun (1), une étude sur la charge de quatre souches dissociées du bacille tuberculeux, variétés R et S. Cette étude a montré des différences très grandes de mobilité dans le champ électrique, entre les individus bacillaires d'une même suspension, certains bacilles, *en très petit nombre*, ayant des mobilités nettement plus petites, c'est-à-dire une électrisation beaucoup plus faible; on s'explique ainsi, en accord avec la supposition précédente, que des bacilles traversent le filtre et qu'ils soient en très petit nombre.

En ce qui concerne l'avirulence des bacilles qui ont traversé le filtre, on pourrait également l'expliquer par les résultats trouvés (1) avec les variétés R (virulente) et S (moins virulente) indiquant que l'électrisation est plus faible quand la virulence est moins grande.

Les faits qui viennent d'être résumés expliquent, nous semble-t-il, l'origine véritable de ce que l'on désigne sous le nom d'ultravirus tuberculeux.

HISTOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Étude de l'action toxique des cations sur les cellules de divers organes cultivés* in vitro. Note de MM. **Charles Sannié** et **Jean Verne**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons poursuivi l'étude de l'action toxique des chlorures métalliques sur les éléments cellulaires de divers organes cultivés *in vitro*.

Nos recherches ont porté plus particulièrement sur le rein, le foie et le tissu nerveux.

Le protocole expérimental fut, à quelques détails près, semblable à celui que nous avons déjà exposé (2).

---

(1) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 165.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **15**, 1933, p. 1026.

Dans le tableau suivant, qui condense les résultats obtenus, nous avons rappelé, dans la première colonne (A), les concentrations toxiques pour les fibroblastes du cœur de l'embryon du poulet, concentrations provoquant l'arrêt de l'émigration des cellules cultivées en milieu plasma et jus embryonnaire. La colonne B se rapporte aux concentrations limites ainsi définies pour les fibroblastes propres de l'organe étudié. La colonne C indique ces concentrations pour les cellules épithéliales spécifiques du même organe.

Pour le tissu nerveux, la colonne B correspond aux cellules granuleuses que l'on observe dans les cultures de ce tissu *in vitro*, C à la croissance des axones à partir des neuroblastes.

		Foie.		Rein.		Tissu nerveux.	
	A.	B.	C.	B.	C.	B.	C.
Sels.	N/.	N/.	N/.	N/.	N/.	N/.	N/.
$PbCl^2$	300	300	1500	450	3000	750	1000
$HgCl^2$	30000	30000	60000	40000	60000	40000	>60000
$CuCl^2$	4500	7500	15000	7500	30000	8000	10000
$TlCl$	1200	1200	1800	1800	3600	4800	2000
$ZnCl^2$	4500	4500	6000	3000	3000	6000	6000–7000
$NiCl^2$	1500	2250	3000	1750	1750	2250	3000
$CoCl^2$	1500	2250	3000	1750	1750	2250	3000
$MnCl^2$	120	180	240	180	240	180	180
$CdCl^2$	18000	18000	30000	24000	30000	18000	24000
UO^2Cl^2	500	600	1800	1200	1500	600	1200
$BaCl^2$	150	150	150	150	150	225	300
$CaCl^2$	22,5	22,5	30	22,5	60	30	60
$SrCl^2$	120	150	150	120	120	120	150
$MgCl^2$	22,5	22,5–30	22,5–30	30	30	30	30
NH^4Cl	150	150	300	150	150	150 rien	300 normal
KCl	22,5–30	22,5–30	22,5–30	22,5–30	22,5–30	30	30
$RbCl$	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	30	30
$CsCl$	22,5	30	30	30	30	30	30
$LiCl$	30	30	30	30	30	30	30

Ainsi, les cellules du foie, du rein et du tissu nerveux, cultivées *in vitro*, présentent une sensibilité spécifique à l'action toxique des sels métalliques étudiés.

Cette sensibilité peut s'exprimer sous forme d'un ou plusieurs coefficients mettant en valeur la toxicité spécifique des sels pour les fibroblastes d'un organe ou pour des cellules fonctionnelles.

L'épithélium rénal se montre particulièrement sensible au plomb et au cuivre, l'épithélium hépatique au zinc, au cobalt et au nickel. Pour le tissu nerveux, il convient de signaler la faible toxicité du thallium vis-à-vis de la croissance de l'axone.

Les sensibilités spécifiques se retrouvent pour tous les chlorures des métaux lourds, elles disparaissent pour les sels des métaux alcalino-terreux et alcalins dont les concentrations toxiques, voisines de celles choisies pour les fibroblastes, sont du même ordre pour les divers tissus.

Vis-à-vis des sels de métaux lourds, les fibroblastes présentent, d'un organe à l'autre, une sensibilité différente, ce qui est un nouvel argument en faveur de la spécificité de ces éléments.

La séance est levée à 15^h40^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 mars 1934.)

Note de MM. *L. Hackspill*, *A.-P. Rollet* et *Lauffenburger*, Sur la double décomposition entre le nitrate d'ammonium et le chlorure de sodium en présence ou non d'ammoniac :

Page 1233, ligne 3, *au lieu de* 100^g d'eau, lire 1000^g d'eau; ligne 14, *au lieu de* 1000^g d'eau, *lire* 1000^{cm^3} de solution.

(Séance du 9 juillet 1934.)

Note de M. *J. P. Arend*, Relations entre la structure originelle de la phase dispersée des sols originels et la transformation cristalline et métasomatique des sédiments :

Page 157, ligne 13, *lire* Les vitesses d'association entre granules alcalino-terreux étant minima sous l'effet du potentiel d'oxydation et maxima sous l'effet du potentiel de réduction.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AOUT 1934.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Relation simple et générale du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants.* Note de M. **H. DESLANDRES.**

I. Cette Note est la suite d'une Note précédente, présentée le 11 juin dernier sous le même titre. La fréquence infrarouge ν de la molécule est reliée simplement aux anneaux d'électrons de ses atomes par la formule (1) ci-dessous :

$$(1)\qquad \nu \text{ en cm}^{-1} = qd_1/r's',$$

$$(2)\qquad \nu = \nu^{00} + (a'v' - b'v'^2) - (a''v'' - b''v''^2),$$

d_1 étant la constante universelle 1062.5, s' étant le nombre des électrons qui forment les anneaux excités successivement de l'extérieur dans l'un des atomes, q étant un nombre entier et r' un nombre entier petit.

Cette formule a été déjà vérifiée sur 16 molécules simples, et, dans la Note dernière, d'une manière plus complète sur les trois molécules ClNa, ON et CH^4. Pour montrer qu'elle est générale, je commence la publication d'une longue liste de molécules formées par les 20 premiers corps simples, de l'hydrogène au calcium, en m'attachant d'abord aux molécules les plus simples, aux molécules A^2, formées avec un seul atome, dont A est le nombre atomique. J'utiliserai toutes les données infrarouges dont on dispose aujourd'hui, à savoir : les raies ou bandes de réflexion, émission et absorption, les raies Raman, et aussi les constantes a' et a'' de la formule (2) ci-dessus, qui représente les têtes de bandes des systèmes lumineux et ultra-

violets. Ces constantes sont en effet souvent les fréquences de bandes infrarouges dues à la molécule et la constante a'' du niveau fondamental ou le plus bas offre un intérêt particulier.

En fait tout se passe comme si chaque atome de la molécule a ses fréquences propres du type moléculaire, conformes à la formule (1), et la fréquence émise par la molécule est celle qui peut être commune à tous ses atomes ou groupes d'atomes. Cette condition est immédiatement réalisée lorsque les premiers anneaux des atomes constituants ont le même nombre d'électrons, ce qui est le cas des molécules A^2 et aussi des molécules telles que LiK et SO^2 [1]. D'ailleurs la molécule, qui est soumise à des chocs et radiations multiples, doit subir des variations incessantes dans l'arrangement de ses atomes et surtout des électrons entre ses atomes. Par une sélection naturelle, les arrangements les plus stables se maintiennent le plus longtemps, et donnent naissance aux radiations les plus intenses de la molécule. D'autre part, l'ionisation intramoléculaire joue un rôle important, déjà mis en relief dans les Notes précédentes; elle permet d'égaliser les nombres d'électrons excités dans les atomes, et assure en même temps une attraction électrostatique, favorable à la stabilité. L'expérience a montré que les molécules les plus stables sont celles qui offrent la réunion de ces deux avantages.

La polymérisation de la molécule intervient aussi; elle est notable, comme on sait, dans les états liquide et solide, et le spectrographe de masse a montré qu'elle se présente aussi dans l'état gazeux.

Ces arrangements divers de la molécule peuvent être décelés avec la formule (1). On recherche tous les nombres $r's'$, qui, portés dans cette formule, reproduisent la fréquence de la molécule, et l'on en déduit plusieurs arrangements possibles ou probables de ses éléments, attachés à cette même fréquence.

Considérons une molécule diatomique AB, et la différence entre les nombres d'électrons du premier anneau dans A et dans B. Si cette différence est un nombre pair, 2, 4 ou 6, on peut, en déplaçant 1, 2 ou 3 électrons, avoir l'égalité des électrons excités et une attraction électrostatique. Si la différence est un nombre impair, les mêmes propriétés se retrouvent avec le dimère $(AB)^2$. Un cas particulier fort intéressant est celui où les

---

(1) Une autre solution de l'égalité des fréquences a été observée. Si s'_1 et s'_2 sont les nombres d'électrons excités dans les deux atomes de la molécule, la fréquence moléculaire est un multiple de $d_1/s'_1 \times s'_2$.

premiers anneaux dans A et B ont chacun 8 électrons; la stabilité est alors maxima, et l'on a l'octet recherché dans les belles théories de Kossel, Langmuir et Lewis.

Enfin la molécule A^2 peut avoir les mêmes avantages. Si un électron est déplacé d'un atome à l'autre, les deux atomes $A+1$ et $A-1$ sont ionisés en sens contraire, et si, dans $A+1$, on écarte les deux électrons du dernier anneau, voisin du noyau, on a $A-1$ électrons excités dans les deux atomes. De même, avec le polymère A^{2t}, t étant un nombre entier, on part des ions $At+1$ et $At-1$ et si, dans $At+1$, deux électrons d'un atome ne prennent pas part à l'excitation, le nombre des électrons actifs est $At-1$, dans les deux parties du polymère.

II. Après ces remarques générales, je présente dans le tableau IX ci-après l'analyse des molécules H^2, Li^2, C^2 et C^2H^2. J'ai écarté la molécule He^2 dont l'étude est encore incomplète, et les molécules Be^2 et B^2, non encore relevées, à ma connaissance. Pour H^2, le tableau donne d'abord les raies Raman, puis les constantes a'', a', $2B_0$ des deux systèmes de bandes d'absorption $B \leftarrow A$, $C \leftarrow A$, découvertes par Dieke et Hopfield. Toutes ces fréquences sont reliées simplement à la constante universelle d_1; en particulier la fréquence a'' du niveau fondamental est un multiple de d_1, le nombre s' étant égal à 1 qui est le nombre atomique de H. A noter les trois constantes de rotation $2B_0$ des trois niveaux A, C et B, constantes qui sont dans les rapports simples 3, 3/2 et 1 (¹).

Quant à Li^2, l'accord de ses constantes a'' et a' avec les trois électrons de Li et les quatre de Li^- a été déjà annoncé; de plus, avec le lithium, le nombre s' de la formule (1) peut prendre les valeurs 2, 5, 8 et 11, qui sont celles du binome $At-1$, pour $A=3$, et qui correspondent aux molécules Li^2, Li^4, Li^6 et Li^8, ionisées intérieurement. Le tableau présente ensuite les deux raies Raman les plus fortes de C^2, et aussi la constante a'' du beau spectre de bandes lumineuses, dit de Swan, attribué à C^2. La première raie Raman, de beaucoup la plus intense, est rattachée à $d_1/4$ et doit être émise par les quatre électrons du premier anneau de C; on pourrait aussi la considérer comme rattachée à $d_1/6$. De plus, le nombre s' peut prendre les valeurs 5, 11, 17 et 23, qui, comme avec Li^2, sont celles du binome

---

(¹) Une propriété analogue a été signalée déjà dans d'autres molécules hydrogénées; une Note spéciale lui sera consacrée.

Les raies Raman de H^2 ont été déjà présentées et rattachées aux dimères H^3-H et $H^{3-}-H^+$, mais avec réserve.

Tableau IX. — *Fréquences infrarouges de molécules simples* (¹).

Molécule et mode d'excitation.	Fréquence de la raie ou bande en cm⁻¹.	Multiple de $d_1/r's'$ et résidu.	Nombre s' des électrons excités dans l'atome et nombre de leurs anneaux (a.).
H^2 gaz, Raman...........	354,1 =	$3d_1/\ 3\times 3+0$	3 de H^3 dans H^4 ?
»	587,5 =	$5d_1/\ 3\times 3-2,8$	» »
»	4162,1 =	$47d_1/\ 3\times 4-0,6$	4 de H^{3-} dans H^4 ?
» abs., a'' fond. de A.	4247,5 =	$4d_1\ +2,5$	1 de H dans H^2 ou H^4
a' de B......	1337,0 =	$5d_1/\ 4\ -8,9$	4 de H^{3-} dans H^4 ?
a' de C......	2380,0 =	$9d_1/\ 4\ -10,6$	» »
$2B_0$ de A....	118,7 =	$d_1/\ 3\times 3-0,6$	3 de H^3 dans H^4 ?
$2B_0$ de C....	58,8 =	$d_1/\ 6\times 3-0,2$	» »
$2B_0$ de B....	38,9 =	$d_1/\ 9\times 3-0,4$	» »
Li^2 gaz abs., a'' fondament.	347,4 =	$d_1/\ 3\ -6,7$	3 de Li 2 a. (2 anneaux) dans Li^2
	» =	$13d_1/\ 5\times 8+2,1$	5 de Li^{2+} 2 a. et de Li^{2-} 2 a. et 1 a. dans Li^4 et 8 de Li^{3+} 2 a. et de Li^{3-} 2 a. et 1 a. dans Li^6
	» =	$18d_1/\ 5\times 11-0,3$	11 de Li^4 2 a. et de Li^{4-} 2 a. et 1 a. dans Li^8
a'..........	267,3 =	$d_1/\ 4\ +1,7$	4 de Li^- 2 a. et 2 de Li^+ 1 a. dans Li^2
C^2 cristal, Raman	1332,0 =	$5d_1/\ 4\ +3,9$	4 de C 1 a. dans C^2
	» =	$23d_1/\ 4\times 5+3,9$	5 de C^+ 2 a. et de C^- 1 a. dans C^2
	» =	$69d_1/\ 5\times 11-0,9$	11 de C^{2+} 2 a. et de C^{2-} 2 a. et 1 a. dans C^4
	» =	$64d_1/\ 3\times 17-1,3$	17 de C^{3+} 2 a. et de C^{3-} 2 a. et 1 a. dans C^6
	» =	$35d_1/\ 4\times 7+3,9$	7 de C^{2+} 1 a. et de C^- 2 a. dans C^3
	1158,0 =	$12d_1/11\ -1,1$	11 de C^{2+} 2 a. et de C^{2-} 2 a. et 1 a. dans C^4
	» =	$37d_1/\ 2\times 17+1,7$	17 de C^{3+} 2 a. et de C^{3-} 2 a. et 1 a. dans C^6
	» =	$25d_1/23\ +3,1$	23 de C^{4+} 2 a. et de C^{4-} 2 a. et 1 a. dans C^8
C^2 gaz Swan, a'' fondament.	1629,9 =	$15d_1/\ 3\times 5+0,8$	3 de C^+ 1 a. et 5 de C^- 1 a. dans C^2
	» =	$49d_1/\ 8\times 4+3,0$	4 de C 1 a. dans C^2
	» =	$26d_1/17\ +4,9$	17 de C^{3+} 2 a. et de C^{3-} 2 a. et 1 a. dans C^6
C^2H^2 gaz, Raman.........	1974,0 =	$13d_1/\ 7\ +0,8$	7 de CH 2 a. dans C^2H^2 et 7 de C^- 2 a. et CH^{2+} 2 a. dans C^2H^2
	3372,0 =	$19d_1/\ 6\ +7,4$	6 de CH^+ 2 a. et de CH^- 1 a. dans C^2H^2
	» =	$111d_1/\ 5\times 7+2,4$	5 de CH^{++} 2 a. et 7 de CH^{--} 2 a. dans C^2H^2 et 5 de C^{2+++} 2 a. et de H^{2---} dans C^2H^2
absorption.....	730,3 =	$11d_1/\ 2\times 8-0,1$	6 de CH^+ 2 a. et 8 de CH^- 2 a. dans C^2H^2
	» =	$24d_1/\ 5\times 7+1,4$	5 de CH^{++} 2 a. et 7 de CH^{--} 1 a. dans C^2H^2
	1326,3 =	$5d_1/\ 4\ -1,8$	4 de C 1 a. et 8 de CH^2 2 a. dans C^2H^2

(¹) Les sources sont : pour H^2 Raman, Rasetti, *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 367; pour H^2 absorption, Dieke et Hopfield, *Phys. Rev.*, **30**, 1927, p. 400; pour C^2 Raman, Bragavantan, *Ind. Journ. Phys.*, **5**, 1930, p. 603; pour C^2H^2 Raman, Bragavantan, *Nature*, **127**, 1931, p. 817; pour C^2H^2 absorption, Levin et Meyer, *Journ. Opt. Soc. Am.*, **10**, 1930, p. 61, et pour les autres spectres, l'excellent ouvrage de Jevons, *Band spectra of diatomic molecules*, 1932, p. 268 et 282. L'abréviation a. signifie anneau.

$At-1$, mais pour $A=6$. Les nombres 5 et 11 sont communs à Li^2 et C^2, 6 étant le double de 3. La fréquence ν 1332 peut être émise à la fois par la molécule C^2 et par les polymères C^4, C^6 et C^8. On sait que les atomes du carbone s'unissent facilement; le lithium aurait la même propriété, et peut-être aussi l'hydrogène. *A priori*, l'union paraît plus facile entre les atomes qui ont un petit nombre d'électrons.

Enfin le tableau présente les deux raies Raman de l'acétylène C^2H^2, et aussi les deux raies principales d'absorption. Cette molécule a été choisie parce que sa structure intime est toujours discutée. Or la raie Raman principale est rattachée à $d_1/7$; ce qui s'accorde avec la formule $HC\equiv CH$, et avec une liaison triple du carbone. D'autres arrangements des atomes s'annoncent aussi comme possibles.

La formule (1) est vérifiée, et elle fournit des données utiles sur l'arrangement et l'ionisation variables des atomes dans la molécule et aussi sur la formation éventuelle de polymères. De plus elle conduit à une conception nouvelle ou plus large de la valence chimique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence absolue des séries trigonométriques*. Note [1] de M. **Serge Bernstein**.

1. Soit

$$f(x)=\sum_0^\infty a_n\cos nx+b_n\sin nx \tag{1}$$

une fonction périodique continue de période 2π, et soit $E_n f(x)$ sa meilleure approximation par des sommes trigonométriques d'ordre n.

Si la série

$$S=\sum_1^\infty \frac{E_n f(x)}{\sqrt{n}} \tag{2}$$

converge, le développement (1) *est absolument convergent. Au contraire, si* E'_n *est une suite monotone de nombres positifs tendant vers zéro, telle que la série*

$$S'=\sum_1^\infty \frac{E'_n}{\sqrt{n}}\to\infty \tag{3}$$

---

[1] Séance du 18 juin 1934.

diverge, il est possible de construire une fonction $f(x)$, pour laquelle

$$E_n f(x) < E'_n,$$

possédant un développement trigonométrique non absolument convergent [1].

Pour établir la première affirmation, observons que l'on a [2]

$$\left| \sum_{k=m+1}^{\infty} \cos \frac{k\pi}{2m+1} [a_k \cos kx + b_k \sin kx] \right| < \frac{7}{3} E_m f(x),$$

d'où l'on déduit que

$$\sum_{k=\left[\frac{4m}{3}\right]+1}^{\left[\frac{8m}{3}\right]} |a_k| + |b_k| < 7\sqrt{m}\, E_m f(x).$$

Donc, en posant successivement $m = 2^h$, on obtient que

$$(4) \qquad \sum_{k=2}^{\infty} |a_k| + |b_k| < 14 \sum_{1}^{\infty} \frac{E_n f(x)}{\sqrt{n}} = 14\,S.$$

Pour construire une fonction à développement trigonométrique non absolument convergent satisfaisant à (3), je pose

$$(5) \qquad F(x) = \sum_{k=0}^{\infty} a_{p_k} \varphi_{p_k}(x) \cos 2p_k x,$$

où

$$a_{p_k} = \sqrt{p_k}(E'_{p_{k+1}} - E'_{p_{k+2}}),$$

p_k étant des nombres premiers, satisfaisant aux inégalités $3p_k < p_{k+1} < 6p_k$, et

$$\varphi_p(x) = \frac{2}{p^2} \sum_{l=1}^{p-1} \left(\frac{l}{p}\right)(p-l) \cos lx \qquad (\text{pour } p = 4\mu + 1),$$

$$\varphi_p(x) = \frac{2}{p^2} \sum_{l=1}^{p-1} \left(\frac{l}{p}\right)(p-l) \sin lx \qquad (\text{pour } p = 4\mu + 3),$$

---

[1] Il y a lieu de signaler l'analogie complète de cette proposition avec un théorème que j'ai démontré dans mon Mémoire *Sur l'ordre de la meilleure approximation des fonctions continues* (*Mémoires publiés par la classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, 4, 1912), où l'existence de la dérivée continue est liée de la même façon à la convergence de la série $\sum_{1}^{\infty} E_n f(x)$ (p. 23-29).

[2] *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 976.

$(l/p) = \pm 1$ désignant le symbole de Legendre (¹). On aura donc

$$(6) \qquad E_n F(x) < \sum_{k=k_0}^{\infty} \frac{a_{p_k}}{\sqrt{p_k}} = E'_{p_{k_0+1}} \leq E'_n,$$

où $p_{k_0} \leq n < p_{k_0+1}$.

Or, d'autre part, la somme des modules des coefficients de $F(x)$ est supérieure à

$$(7) \qquad \frac{1}{2}\sum_0^{\infty} a_{p_k} = \frac{1}{2}\left[\sqrt{p_0}\, E'_{p_1} + \sum_0^{\infty} (\sqrt{p_{k+1}} - \sqrt{p_k}) E'_{p_{k+2}}\right] > \frac{1}{75} \sum_{n=p_2}^{\infty} \frac{E'_n}{\sqrt{n}} \to \infty.$$

2. En tenant compte d'un théorème général de M. Jackson que

$$E_n f(x) < 6\omega\left(\frac{1}{n}\right),$$

où $\omega(\delta)$ est le module de continuité de $f(x)$, on déduit immédiatement de la première partie de notre théorème que :

Pour la convergence absolue du développement (1) *il suffit que le module de continuité de $f(x)$ satisfasse à la condition que la série*

$$\Sigma = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\omega\left(\frac{1}{n}\right)}{\sqrt{n}}$$

soit convergente.

Supposons, d'autre part, que $\omega'(\delta)/\delta^\alpha$ soit croissante pour $\alpha > 0$ assez petit et décroissante pour $\alpha < 1$ assez voisin de 1. *Si la série*

$$\sum \frac{\omega'\left(\frac{1}{n}\right)}{\sqrt{n}} \to \infty$$

diverge, il est possible de construire une fonction $f(x)$ dont le module de continuité $\omega(\delta) < \omega'(\delta)$, ayant son développement trigonométrique non absolument convergent. Il suffit de construire la fonction (5), en posant

$$E'_n = L\omega'\left(\frac{1}{n}\right),$$

où L est une constante positive arbitraire assez petite.

(¹) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1661.

Ainsi, en particulier, *pour la convergence absolue de* (1), *il suffit que*

$$(8) \qquad \omega(\delta) = O\left[\frac{\sqrt{\delta}}{|\log\delta|^{1+\alpha}}\right] \qquad (\alpha > 0),$$

au contraire, *la convergence pourra effectivement ne pas être absolue, lorsque*

$$(9) \qquad \omega(\delta) = O\left[\frac{\sqrt{\delta}}{|\log\delta|}\right].$$

Bien entendu, dans ce dernier cas, il existera également des fonctions à développements trigonométriques absolument convergents. Il est même facile de construire de telles fonctions avec des modules de continuité $\omega(\delta)$ tendant vers zéro plus lentement que n'importe quelle fonction monotone $\omega'(\delta)$. Il suffit, en effet, de former la fonction

$$\varphi(x) = \sum_{0}^{\infty} [E'_{3^h} - E'_{3^{h+1}}] \cos 3^{h+1} x, \qquad \text{où} \qquad E'_n = 6\omega'\left(\frac{1}{n}\right),$$

dont le développement est absolument convergent et qui jouit de la propriété que $E_n\varphi(x) \geqq E'_n$ [car $E_n\varphi(x) = E'_{3^h}$ pour $3^h \leqq n < 3^{h+1}$]; on a donc

$$\omega\left(\frac{1}{n}\right) > \frac{1}{6} E_n\varphi(x) > \omega'\left(\frac{1}{n}\right),$$

quel que soit n.

GÉOLOGIE. — *Les récifs bathoniens de Normandie.* Note (¹) de M. **A. Bigot.**

La transgression bathonienne en Normandie a débordé considérablement vers le Sud les limites de la mer bajocienne et pénétré très loin sur le Massif ancien. Elle a rencontré dans les Campagnes de Falaise, d'Argentan et de Sées une région irrégulièrement nivelée sur laquelle étaient demeurées en relief des arêtes de grès siluriens dont les plus saillantes sont formées par le Grès armoricain.

Eugène Deslonchamps a fait connaître les caractères et la faune de ces formations de récif (²). Avec J. Hommey, j'ai décrit le récif de

(¹) Séance du 30 juillet 1934.

(²) *Mém. Soc. Lin. Norm.*, 14, 1865, p. 136-139.

Chailloué (¹). J'ai repris récemment l'étude du récif de Perrières, étudié sommairement en 1928 (²), et celle des récifs de la Plaine de Chambois au nord d'Argentan (Orne).

Perrières. — Le Grès armoricain du synclinal de la Brèche-au-Diable (ou d'Urville) se termine à l'Est par une courbe périsynclinale décrite par M. L. Cayeux (³). Il est exploité dans la grande carrière du Breuil.

La surface du grès au-dessous du Bathonien est très irrégulière, avec des différences de niveau qui peuvent atteindre 6 à 8^{m}. Ces fosses sont remplies par des calcaires durs, non oolithiques, mal lités, avec surfaces aplanies, durcies, perforées par des Vers ou des Lithodomes; ces surfaces ne sont pas continues.

La faune de ces calcaires, peu abondante et peu variée, comprend presque exclusivement des Polypiers atteignant une taille normale et surtout des Pélécypodes de grande taille : *Præconia rhomboidalis* (Phillips), *Plagiostema pangymna* (Cossmann), *Ctenostreon pectiniforme* (Scloth.) var. *Luciensis* (d'Orb.), *Alectryonia Marshi* (Sow.).

La surface des parties élevées du récif est creusée de cavités peu profondes, comparables aux *mares* des côtes rocheuses actuelles. Ces cavités sont remplies par un calcaire constitué par de petites oolithes et surtout par de très petits grains de quartz anguleux, avec de petits galets, généralement avellanaires, irrégulièrement distribués. Ces galets proviennent surtout du grès sous-jacent, mais aussi du remaniement de dépôts jurassiques (Ammonite toarcienne).

Cette couche, dont l'épaisseur ne dépasse pas une trentaine de centimètres, est très fossilifère; c'est une véritable lumachelle dans laquelle les fossiles sont ordinairement en calcite, rarement usés, et en général très frais, non roulés; ils ont été pour la plupart ensevelis sur place. J'ai recueilli une centaine d'espèces qui donnent une idée de la composition et des caractères de la faune intercotidale d'un fond rocheux pendant le Bradfordien inférieur.

Cette faune comprend : *Cadomites rectelobatus* (v. Hauer), des *Garantia* de petite taille, un *Spiroceras* qui paraît différent des espèces bajociennes

---

(¹) *Comptes rendus*, **183**, 1896, p. 440, et *Bull. Soc. Lin. Norm.*, 7ᵉ série, **9**, 1926, p. 80-92, pl. VII-IX.

(²) *Bull. Soc. Géol. et Min. Bret.*, **7**, 1928, fasc. spécial, p. 114.

(³) *Revue de Métallurgie*, **10**, février 1913, p. 9.

récemment révisées par MM. Roman et Petouraud ([1]), de nombreux Gastéropodes, dont les plus communs sont *Turbo* (*Endianaulax*) *lucidus* (Thorent) et *Pseudomelania Niortensis* (d'Orb.). Parmi les Pélécypodes, *Trigonopis Lycetti* Bigot est abondant et caractéristique. Communes aussi sont les plaques de *Chiton*, appartenant à deux espèces. Les Térébratulidés et Rhynchonellidés sont très nombreux; la plupart des Térébratulidés appartiennent à des espèces nouvelles; l'*Aulacothyris carinata* (Sow.) est représenté soit par sa forme type, soit par sa variété *Mandelslohi* (Oppel). Les Échinides sont peu variés et peu communs : *Pedina Davousti* Cotteau (12 échant.), *Magnosia Jacobi* J. Mercier (9 échant.), *Stomechinus Varusensis* Cotteau (1 échant., fide J. Mercier). Il y a aussi de très nombreux Polypiers, tous de petite taille.

Cette faune est caractérisée dans son ensemble par deux particularités :

1° L'absence totale de Bryozoaires et de Spongiaires, qui fournissent en général un important contingent aux listes de faunes bathoniennes; l'absence d'Échinides réguliers et de Crinoïdes. La nature des dépôts explique l'absence de Pélécypodes du groupe des Myaires.

2° La petite taille des individus, particulièrement frappante pour les Polypiers et les Brachiopodes. Pour les Polypiers, les conditions écologiques ont arrêté leur développement. Parmi les très nombreux échantillons de Térébratulidés recueillis (plus de 200), aucun ne dépasse une longueur de 25^{mm}; en général, la longueur ne dépasse pas 15^{mm}, bien que les individus paraissent adultes. Les Rhynchonellidés, à l'exception de quelques individus d'une grosse forme, sont aussi de petite taille.

Tournai-sur-Dives. — Le prolongement vers l'Est du Massif de Montabard est jalonné jusqu'à Aubry-en-Exmes par une crête de Grès armoricain. Sur ce trajet, le Bathonien qui repose sur le récif de Tournai débute par une lumachelle, avec Pélécypodes à l'état de moules, surmontée par des calcaires, non oolithiques, avec grands Polypiers et grands Pélécypodes, plutôt rares.

Aubry-en-Exmes. — Près du carrefour de l'église de Trois-Villages, on exploite, au-dessous du Bathonien, des quartzites gris et rosés, de l'horizon de May. Les calcaires bathoniens, épais de 4 à 6^{m}, sont durs, non ooli-

---

([1]) *Trav. Lab. Géol. Lyon*, fasc. XI, n° 9, 1927, p. 25. Le genre a été signalé par Lissajous dans le Bathonien de Verzé (Saône-et-Loire); j'ai recueilli deux fragments de *Spiroceras* dans le Cornbrash de Saint-Benoît (Sarthe).

thiques, peu fossilifères. La surface de contact, assez plane, est interrompue, à l'Est de la carrière, par une fosse profonde de 6^m, large de 5, à parois très inclinées, remblayée par des calcaires durs; cette fosse ne se prolonge pas sur les autres faces de la carrière; elle formait, à travers la bande de grès, une brèche étroite, fermée à l'Ouest, ouverte à l'Est.

Sur les récifs bathoniens étudiés, les dépôts n'ont pas la stratification entre-croisée, si fréquente dans le Bradfordien de Normandie qu'elle en est presque caractéristique. Jointe à la rareté des galets dans les dépôts de récif et en tout cas à leur petite taille quand ils en contiennent comme au Breuil, cette constatation permet de conclure que *le dépôt du Bathonien sur ces récifs s'est fait sans l'intervention de courants rapides, et par suite dans des conditions très différentes de celles qui ont produit dans le voisinage la stratification entre-croisée. Ces conditions n'étaient pas favorables à la précipitation du calcaire et à la formation d'oolithes.*

L'étude de ces récifs confirme en outre la notion que *la surface hercynienne avait acquis avant le Jurassique un modelé dont l'évolution était très avancée; ce modelé a réglé la distribution des dépôts marins; son influence se fait encore sentir dans le modelé de la surface actuelle.*

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie des Mémoires suivants :

1° *Quelques remarques sur la théorie de l'électron magnétique de Dirac;*
2° *Les idées nouvelles introduites par la mécanique quantique;*
3° *Sur les représentations des phénomènes dans la nouvelle physique;*
4° *Remarques sur la théorie de la lumière.*

M. **Ernest Esclangon** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de ses *Dix leçons d'Astronomie*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gouvernement général de l'Afrique occidentale française. Service géologique. *Rapport annuel*, 1933, avec une *Carte géologique du Bas-Dahomey au 1/500 000*^{e}, par Chermette et Prokopenko.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les trajectoires des méridiennes d'une surface de révolution.* Note [1] de M. SAUVEUR CARRUS.

Nous nous proposons de donner sans signe de quadrature la représentation de la surface de révolution la plus générale et des trajectoires de ses méridiennes.

Si $z = \varphi(x)$ représente l'équation de la méridienne, les trajectoires sous l'angle α des méridiennes sont données par la quadrature

$$\theta - \theta_0 = \operatorname{tang}\alpha \int \sqrt{1+\varphi'^2}\,\frac{r}{dr}.$$

On remarque d'abord qu'il suffit d'avoir la trajectoire sous un angle quelconque α_0, par exemple $\alpha_0 = 45°$. Toutes les autres s'obtiendront en remplaçant Θ par $\theta \operatorname{cotg}\alpha$. Nous résoudrons donc l'équation

$$r^2\, d\Theta^2 = dr^2 + d\varphi^2. \tag{1}$$

Or, si nous posions $x = r \operatorname{ch}\Theta$, $y = r \operatorname{sh}\Theta$, nous aurions

$$dy^2 - dx^2 = r^2\, d\Theta^2 - dr^2. \tag{2}$$

Il suffira de résoudre ensuite

$$dy^2 - dx^2 = d\varphi^2. \tag{3}$$

Pour résoudre (3) nous poserons, t désignant une variable indépendante quelconque,

$$\frac{dy}{d\varphi} = \operatorname{ch} t, \qquad \frac{dx}{d\varphi} = \operatorname{sh} t.$$

L'intégration de ce système par une méthode que nous avons souvent exposée et appliquée, nous donne les formules les plus générales suivantes (v désignant une fonction arbitraire de t) :

$$x = v'' \operatorname{sh}^2 t + v' \operatorname{sh} t \operatorname{ch} t - v = r \operatorname{ch}\Theta = r \operatorname{ch}(\theta \operatorname{cotg}\alpha), \tag{4}$$

$$y = v'' \operatorname{sh} t \operatorname{ch} t + v'(1 + \operatorname{ch}^2 t) = r \operatorname{sh}\Theta = r \operatorname{sh}(\theta \operatorname{cotg}\alpha), \tag{5}$$

$$\varphi = v'' \operatorname{sh} t + 2v' \operatorname{ch} t = z. \tag{6}$$

Ainsi, v désignant une fonction arbitraire, les formules

$$z = v'' \operatorname{sh} t + 2v' \operatorname{ch} t,$$

$$r^2 = [v'' \operatorname{sh}^2 t + 2v' \operatorname{sh} t \operatorname{ch} t - v]^2 - [v'' \operatorname{sh} t \operatorname{ch} t + v'(1 + \operatorname{ch}^2 t)]^2$$

---

[1] Séance du 23 juillet 1934.

donnent z et r en fonction de t, c'est-à-dire la surface de révolution la plus générale.

Les formules (6) et (7)

$$\text{th}[(\theta-\theta_0)\cot\!g\,\alpha] = \frac{\varphi''\,\text{sh}\,t\,\text{ch}\,t + \varphi'(1+\text{ch}^2 t)}{\varphi''\,\text{sh}^2 t + \varphi'\,\text{sh}\,t\,\text{ch}\,t - \varphi} \tag{7}$$

donnent z et θ en fonction de t, c'est-à-dire la trajectoire des méridiennes sous l'angle α.

On a donc bien obtenu, sans signe de quadrature, l'ensemble formé de la surface de révolution la plus générale, et des trajectoires de ses méridiennes sous l'angle α.

Ces formules permettent de traiter de nombreux problèmes. Indiquons seulement l'application suivante :

Soit

$$\varphi = \text{th}\,t = \tau;$$

on trouve

$$r\,\text{sh}\,\Theta = 2 - 3\tau^2,$$
$$r\,\text{ch}\,\Theta = -2\tau^3,$$
$$z = 2(1-\tau^2)\sqrt{1-\tau^2}.$$

On a la surface de révolution

$$r^2 = 4\tau^6 - (2-3\tau^2)^2, \qquad z = 2(1-\tau^2)\sqrt{1-\tau^2}.$$

Les trajectoires des méridiennes sous l'angle α sont données par

$$\text{th}(\theta\cot\!g\,\alpha) = \frac{3\tau^2-2}{2\tau^3}.$$

PHYSIQUE. — *Étude du rayonnement intérieur de l'arc électrique.* Note [1] de M. **Thadée Peczalski**, transmise par M. A. Cotton.

On sait que l'arc électrique se compose de diverses parties contenant des vapeurs ou des gaz à des températures différentes.

Pour faire l'étude de ces diverses parties par leurs rayonnements nous avons disposé horizontalement les deux électrodes de l'arc. L'une de ces électrodes avait une position fixe, l'autre pouvait tourner dans le plan horizontal de façon à faire avec l'autre des angles variant de 0 à 90°. La

(1) Séance du 30 juillet 1934.

distance des deux électrodes était 2^{mm}. L'électrode fixe était percée suivant son axe. Son diamètre extérieur était 5^{mm} et le diamètre du trou de 1 à 2^{mm}. L'ouverture de l'électrode percée a été mise sur le prolongement de l'axe optique du spectrographe. L'autre électrode était percée aussi suivant l'axe, mais avait été remplie d'un sel. Nous avons employé dans nos expériences CaF^2.

Observant les couches intérieures de l'arc on a trouvé que ce spectre se composait des raies de Ca, de C, d'azote et d'oxygène. Le spectre des

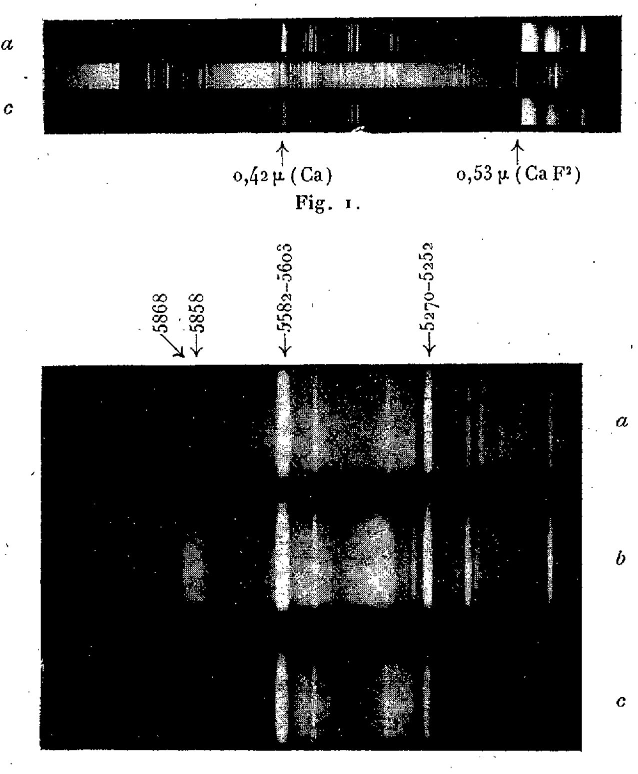


Fig. 1.

Fig.

couches extérieures est formé surtout des bandes dues au rayonnement des molécules de CaF^2. On observe le spectre des couches extérieures en tournant l'électrode remplie de sel de façon qu'elle fasse un angle droit avec l'axe d'optique du spectrographe.

Sur la figure 1, *a* et *c* sont les spectres des couches extérieures, *b* le spectre des couches intérieures.

Pour augmenter l'ionisation des vapeurs et des gaz dans l'arc nous avons

mis au-dessous de l'arc étudié un autre arc (¹) dont les électrodes étaient remplies de CaF^2 et l'ensemble des deux arcs ainsi disposés peut être désigné par l'expression : arcs en cascade.

La figure 2 montre l'aspect des spectres de ces arcs. Les spectres *a* et *b* montrent que les intensités des raies dans les diverses parties du spectre varie lorsqu'on change l'intensité *i* du courant dans l'arc étudié, le

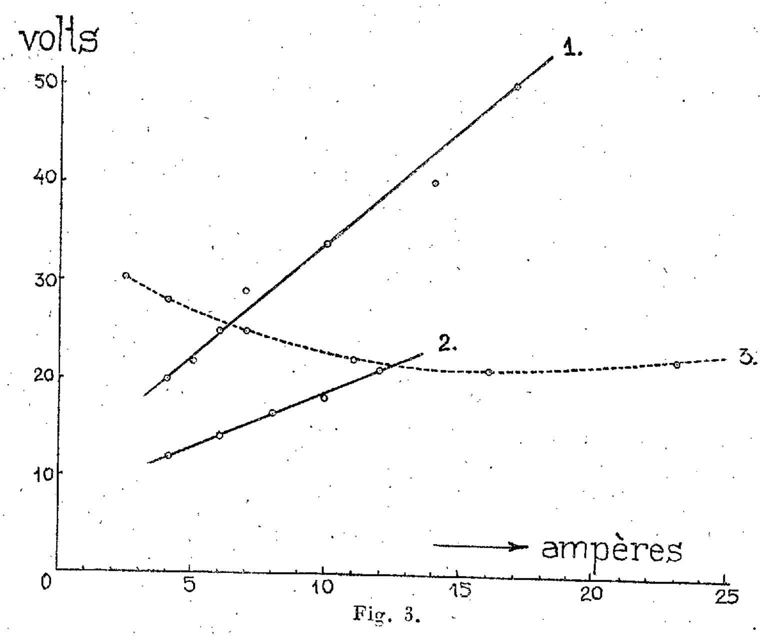


Fig. 3.

spectre *c* a été photographié pour $i = 0$, auquel cas l'arc inférieur envoie encore dans le spectroscope un rayonnement de plus faible intensité.

Les caractéristiques des arcs en cascade sont représentées par la figure 3.

La courbe 1 représente la caractéristique de l'arc en cascade avec une faible quantité de $Ca F^2$ dans l'arc, la courbe 2 avec une forte concentration de $Ca F^2$. L'intensité du courant dans l'arc extérieur était de 40 ampères. La courbe 3 représente la caractéristique de l'arc ordinaire saturé de $Ca F^2$.

Les expériences décrites dans cette Note ont été faites avec l'aide de M. Nicolas Szulc.

(¹) M. St. Procopiu a fait jaillir l'arc à travers une flamme de Bunsen pour obtenir une plus forte ionisation (*Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 385).

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la variation du potentiel électrolytique du nickel avec l'acidité.* Note (¹) de M. L. **Colombier**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons montré dans une Note précédente qu'il était possible de mesurer le potentiel électrolytique du nickel, à condition de traiter le métal à chaud par un courant d'hydrogène puis par le vide, le traitement par le vide pouvant être suffisant lorsqu'il s'agit seulement d'éliminer l'hydrogène occlus.

Nous nous sommes proposé de voir comment le potentiel ainsi mesuré variait avec l'acidité de l'électrolyte. Celui-ci était une solution normale de sulfate de nickel pur additionné de quantités croissantes d'acide sulfurique : l'acidité, exprimée en pH, était déterminée par la méthode à la quinhydrone.

Nous avons opéré sur du nickel électrolytique préparé avec une haute densité de courant et maintenu ensuite pendant une heure dans le vide à 500°. L'électrolyte était ensuite introduit, sans que le métal subisse le contact de l'air.

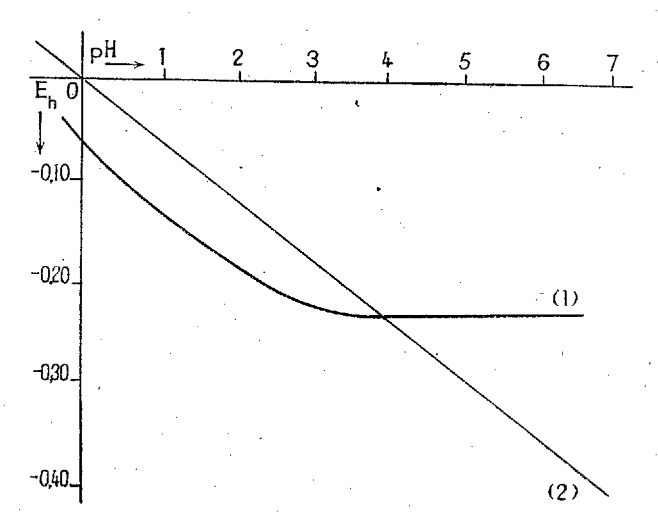
Le graphique suivant, dans lequel la variation du potentiel du nickel (courbe 1) est comparée à celle d'une électrode d'hydrogène (courbe 2), montre clairement l'allure du phénomène.

Le potentiel du nickel reste indépendant de l'acidité jusqu'au point où il est précisément égal à celui de l'électrode d'hydrogène dans le même électrolyte. Pour les acidités plus grandes (pH inférieur à 4) le potentiel du métal commence à se relever et varie ensuite parallèlement au potentiel d'hydrogène; le nickel manifeste ainsi sa tendance à se transformer en une électrode d'hydrogène. Dès que son potentiel est inférieur à celui de ce gaz, celui-ci tend à se déposer sur le métal et à modifier ses propriétés électrochimiques; c'est là un processus absolument général.

Dans le cas où nous opérons sur du nickel massif non traité, c'est-à-dire plus ou moins passif à la suite du contact avec l'air, nous obtenons des résultats du même ordre, le potentiel restant toutefois notablement moins négatif. Il convient toutefois de signaler qu'une très légère acidité (pH voisin

(¹) Séance du 16 juillet 1934.

de 4 à 5) favorise l'activation spontanée du métal par simple action de l'électrolyte. Alors que dans le sulfate de nickel neutralisé (pH = 6,6) nous obtenons un potentiel de — 0,16 volt, nous arrivons à une valeur de — 0,19 lorsque l'électrolyte a un pH égal à 4,5 et à — 0,18 pour un pH égal à 3,8. Le même résultat est obtenu lorsque nous opérons sur du nickel massif ayant subi un simple recuit dans le vide, sans traitement préalable par l'hydrogène : les valeurs obtenues sont alors un peu plus négatives, mais les variations restent du même ordre. Ces expériences sont intéres-



santes en vue de l'interprétation du phénomène de la passivation par l'air : elles s'accordent bien avec l'hypothèse d'un recouvrement du métal par une couche d'oxyde, mais il est alors nécessaire de supposer que la structure de cet oxyde est modifiée par le recuit dans le vide, puisque à ce traitement correspond une activation partielle du métal.

Les phénomènes que nous venons de décrire nous ont donc permis, d'une part, de constater que la variation du potentiel du nickel avec l'acidité est conforme à ce que laissent prévoir les lois générales de l'électrochimie, et, d'autre part, de mettre en évidence quelques points intéressants relatifs aux phénomènes de passivité.

RAYONS X. — *Diagrammes de rayons X de divers peranthracites et anthracites vrais*. Note [1] de M. **Paul Corriez**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons appliqué la méthode de Debye et Scherrer, relative aux poudres cristallines, à l'étude de divers échantillons d'anthracites pulvérisés. Ces anthracites ont été choisis parmi les représentants les plus caractéristiques des deux groupes, peranthracites et anthracites vrais, étudiés au cours de ses recherches sur les combustibles fossiles, par M. P. Lebeau [2].

Les poudres utilisées, passant au tamis n° 150, et additionnées d'une trés faible quantité d'un mucilage de gomme, sont pressées à travers un tube capillaire, en de fins bâtonnets d'un diamètre inférieur à 1^{mm}. Les bâtonnets sont exposés pendant 3 heures au rayonnement $K\alpha$ du cuivre. Les diagrammes obtenus sont ensuite traduits en des courbes, au moyen d'un microphotomètre. Ils présentent les particularités suivantes :

1° *Un premier anneau de diffraction* A_1, dont le maximum d'intensité occupe sensiblement la même position pour tous les échantillons étudiés : l'angle θ reste compris entre 12°8′ et 12°28′; l'espacement entre 3,56 et 3,66 Å. Ces valeurs doivent être rapprochées de celles obtenues pour le graphite (réflexion 00,2) [3] et pour diverses autres variétés de carbone (graphite Acheson broyé, 3,39; noir d'acétylène, 3,49; charbon de sucre, 3,50; anthracites, 3,56 à 3,66).

2° *Un second anneau* A_2. — La position du maximum d'intensité reste encore la même pour la série des charbons étudiés; l'angle de diffraction, 21° et l'espacement, 2,14 Å correspondent aux réflexions (10,0) du graphite.

3° *Dans le cas des peranthracites*, les enregistrements du microphoto-

---

(1) Séance du 30 juillet 1934.

(2) *Sur les peranthracites et anthracites vrais* (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1234); *Ann. de l'Office national des combustibles liquides*, 1, 1933, p. 7 à 109.

(3) Les notations utilisées sont celles de Bravais qui se rapportent à un système d'axes cristallographiques OXYZ, tels que

$$(OX, OY) = 120^\circ, \qquad (OX, OZ) = (OY, OE) = 90^\circ.$$

Ce sont celles qui ont été adoptées par M. Mauguin (*Structure du graphite, Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, 48, 1926, p. 1).

mètre présentant de plus un léger maximum correspondant à la réflexion (110) du graphite. En outre, pour le peranthracite d'Arèche, apparaît à côté de A_1 un très faible anneau qui occupe la position de l'ensemble des réflexions $(1\bar{1}1)$, $(1\bar{1}2)$, $(1\bar{1}3)$ du graphite.

Il est intéressant de mesurer les largeurs des anneaux A_1 et A_2 et de suivre leurs variations dans la série des anthracites. Ces largeurs sont mesurées sur les enregistrements, après soustraction graphique du voile général, pour une intensité égale à la moitié de l'intensité maxima. La largeur de A_1 demeure remarquablement constante. Au contraire celle de A_2 augmente à mesure que l'on passe d'un anthracite au suivant, et cet élargissement varie dans le même sens que le volume gazeux total obtenu à la pyrogénation. Pour ces anthracites vrais, A_2 devient très estompé, et la mesure de sa largeur ne peut être faite qu'avec une faible précision.

Largeur des anneaux de diffraction de divers peranthracites et anthracites vrais en fonction du volume gazeux dégagé à 1000°.

Échantillons.	Volume gazeux (m^3 à la tonne).	Largeur de l'anneau A_1.	Largeur de l'anneau A_2.
Peranthracites.			
	m^3	mm	mm
Arèches	21,78	4,5	4,0
Bourg d'Oisan (1930)	50,22	5	6,5
Tonkin n° 4	90,4	»	7,5
Tonkin n° 2	99,48	»	7,5
Tonkin n° 1	121,1	»	9,0
Anthracites vrais.			
Pays de Galles	295,2	»	13,5
Belges Bonnefoy	334,5	»	14
Meissex, Saint-Philippe	351,7	»	15

Interprétation des résultats. — La largeur d'un anneau de diffraction est fonction du développement du petit cristal dans la direction correspondant à l'interférence. Les résultats précédents peuvent donc être interprétés de la façon suivante :

1° Les divers anthracites présentent une structure feuilletée analogue à celle du graphite; la distance séparant deux feuillets est légérement supérieure à l'espacement correspondant du graphite (3,56-3,66 Å au lieu

de 3,37 Å). Le nombre de ces feuillets, dont la superposition forme le grain élémentaire de l'anthracite, est très faible, et approximativement le même pour tous les échantillons : l'anneau A_1 est en effet très large, et cette largeur reste sensiblement constante.

2° Le développement en surface de ces feuillets est au contraire très inégal pour les divers anthracites. Nous avons trouvé des largeurs très différentes pour l'anneau A_2.

L'organisation cristalline est insignifiante dans le cas des anthracites vrais. Elle se précise peu à peu pour les peranthracites. Si nous les classons de telle sorte que les volumes gazeux totaux obtenus à la pyrogénation aillent en décroissant, nous voyons le grain élémentaire augmenter de dimensions en se développant latéralement, le nombre des feuillets associés demeurant sensiblement le même. De nouvelles diffractions se produisent : on peut observer de nouveaux anneaux, d'abord faibles, puis plus intenses. Enfin le peranthracite d'Arèches pour lequel le réseau du graphite transparaît le plus nettement sur les diagrammes, présente le grain élémentaire le plus développé. Les diagrammes de rayons X apportent ainsi une nouvelle différenciation entre peranthracites et anthracites vrais. L'interprétation donnée pour les variations de largeurs des anneaux de diffraction est en accord avec les autres déterminations effectuées sur ces combustibles, en particulier avec les mesures de résistivité électrique.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rapport actinium-uranium dans les minéraux radioactifs.* Note (1) de Mlle **Ellen Gleditsch** et M. **Ernst Foeyn.**

Depuis quelque temps nous poursuivons des recherches sur l'origine de l'actinium (2). Plus spécialement, nous avons voulu tirer au clair le rapport entre l'uranium et l'actinium dans les minéraux radioactifs.

Au début nous avons employé la méthode indiquée par Boltwood (3) et employée par lui, Hahn et Meitner (4) et d'autres. Les terres rares sont précipitées de la solution du minerai examiné par l'acide fluorhydrique,

---

(1) Séance du 23 juillet 1934.

(2) *Comptes rendus,* **194**, 1932, p. 1571; Gleditsch et Klemetsen, *ibid.,* **194**, 1932, p. 1731.

(3) *Amer. Journ. Sci.*, 25, 1908, p. 269.

(4) *Ber. Deutch. chem. Gesells.*, 52, 1919, p. 1812.

l'entraînement de l'actinium étant assuré par l'addition préalable du nitrate de lanthane. Les opérations sont répétées deux fois. Les terres rares après avoir été transformées en sulfates sont dissoutes dans l'eau; puis on enlève le thorium et l'ionium en les précipitant par le peroxyde d'hydrogène. Dans la solution restante, les terres rares et l'actinium sont précipités par l'ammoniaque. Pour éliminer le radium entraîné, le précipité est dissous dans l'acide chlorhydrique et de nouveau précipité par l'ammoniaque. Le radium reste en solution; il est nécessaire, pourtant, de répéter l'opération cinq ou six fois. Le précipité ainsi obtenu est séché, et l'on en prépare des couches très minces, des films, sur des disques d'aluminium. Les films contiennent environ 0,03 à $0^{mg},1$ de substance par centimètre carré. On mesure l'augmentation de l'activité et l'on compare toutes les mesures à un étalon d'oxyde d'uranium. On en déduit le rapport actinium-uranium, tout en prenant en considération les parcours des rayons α respectifs.

L'incertitude dans cette méthode est due à la difficulté de séparer le thorium-ionium complètement des autres terres et de l'actinium. Nous avons donc essayé un autre procédé. Les terres rares sont précipitées en bloc comme précédemment et transformées en hydrates. Le radium est éliminé, et les terres calcinées servent à préparer des films pour mesures. On mesure l'activité initiale et l'augmentation de l'activité.

Dans ces terres se trouvent, au début, les substances radioactives isotopes du thorium et de l'actinium, c'est-à-dire le thorium et le radiothorium, l'ionium, l'actinium et le radioactinium. L'activité α au début est due au thorium et au radiothorium, à l'ionium et au radioactinium en équilibre avec l'actinium.

L'augmentation de l'activité est due au thorium X et à l'actinium X et à leurs produits de désintégration.

A partir de la courbe d'augmentation on arrive, en faisant une correction pour les produits du thorium, à connaître l'activité due aux produits de l'actinium. De cette dernière on déduira aussi l'activité du radioactinium.

De la valeur initiale de l'activité on déduit l'ionium en retranchant les activités dues au thorium, au radiothorium et au radioactinium. On a ainsi le rapport actinium-ionium. En procédant comme il a été dit, on arrive à déterminer l'activité initiale et l'augmentation de l'activité dans le même film. On évite ainsi toute erreur de pesée qui aurait pu s'introduire quand il s'agit de peser des quantités si petites.

Le rapport actinium-ionium a été examiné pour les minéraux suivants :

	Rapport actinium-ionium.
Broeggerite, Karlshus, Norvège	0,246
Uraninite, Congo belge	0,246
Uraninite, Joachimsthal	0,240
Cleveite, Arendal, Norvège	0,246
Cleveite, Auselmyren, Norvège	0,241
Uraninite, Strickland Quarry, Conn.	0,247
Uraninite, Central City, Colorado	0,237
	0,243

En se basant sur la valeur généralement admise pour le rapport ionium-uranium : Io = 0,53 Ur, on aura

$$\text{actinium} = 0,243 . 0,53 \text{ uranium} = 0,128 \text{ uranium},$$

ce qui correspond à un pourcentage de l'actino-uranium de 4,12 d'uranium.

Ceci montre que sur 100 atomes d'uranium, 4 atomes sont transformés en actinium. Ce résultat ne diffère pas beaucoup de ce que nous avons trouvé antérieurement, et nous le considérons comme plus exact. Il diffère essentiellement des résultats donnés par Wildish [1], mais est en concordance parfaite avec ceux de von Grosse [2] et Francis et Tcheng Da-Tchang [3].

Nous pensons pouvoir conclure que si l'actinium dérive d'un isotope de l'uranium, l'actino-uranium, la période de celui-ci ne doit pas différer essentiellement de celle de l'uranium I.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesures d'absorption des rayons γ par la méthode des coïncidences. Cas du rayonnement du glucinium excité.* Note [4] de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Bothe et Becker ont montré [5] que l'on peut obtenir des coïncidences entre les impulsions de deux compteurs de Geiger soumis à des rayonnements γ pénétrants. Ces coïncidences sont dues aux rayons β secondaires

---

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 163.
(2) *Phys. Rev.*, 42, 1932, p. 565.
(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 733.
(4) Séance du 23 juillet 1934.
(5) *Zeitschrift für Physik*, 76, 1932, p. 421.

qui peuvent traverser les deux compteurs. On peut baser sur ce fait une méthode de mesure des coefficients d'absorption des rayons γ, utilisable même dans le cas d'un rayonnement complexe, par exemple contenant des neutrons.

J'ai construit des compteurs à fil (d'acier oxydé ou d'aluminium) dont la paroi cylindrique, en duralumin tourné, n'avait que $0^{mm},2$ d'épaisseur pour une longueur de 10^{cm} et un diamètre de 2^{cm}. Deux de ces appareils placés côte à côte et montés en coïncidence (schéma de Rossi) donnent des impulsions si on les soumet aux rayonnements γ dans le quantum supérieur à 10^6 eV.

J'ai étudié ainsi le rayonnement d'une pastille de glucinium bombardé par les rayons α d'une source de 10 millicuries de polonium.

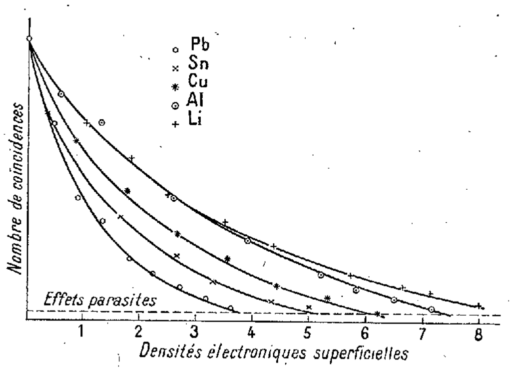


Fig. 1.

2. On peut alors réaliser différentes expériences d'absorption suivant que les écrans sont placés entre la source et les compteurs ou entre les compteurs eux-mêmes comme l'a fait Bothe. Cette seconde disposition permet de filtrer les électrons secondaires, produits par les rayons X en avant du premier compteur, et qui doivent pénétrer dans le second pour déterminer une coïncidence. J'ai tracé les courbes de décroissance du nombre d'impulsions en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'écran : on trouve un parcours assez nettement défini, à partir duquel les coïncidences cessent, qui va de $0^{mm},8$ pour le plomb à plus de 35^{mm} pour le lithium. Les courbes de la figure 1 sont rapportées non pas aux épaisseurs des écrans, mais aux densités électroniques superficielles [en multipliant les épaisseurs en millimètres par le facteur $\rho Z/A$, où ρ est la densité, A le poids atomique et Z le numéro atomique de l'élément], les différences entre

les courbes proviennent des effets des noyaux, mais il est très difficile de les interpréter, à cause des diffusions multiples subies par les électrons à la traversée des écrans épais. La courbe relative à l'aluminium correspond très bien à celle de Bothe et Becker.

3. On peut placer les écrans entre la source et le premier compteur, en ayant soin de mettre d'abord contre la paroi d'entrée de celui-ci un saturateur, c'est-à-dire un premier écran dans lequel se produiront les rayons β secondaires les plus abondants possibles : ce sera une épaisseur de l'élément choisi, supérieure au parcours trouvé dans les mesures précédentes (soit 1^{cm} d'aluminium ou 1^{mm} de plomb). On obtient alors en portant les nombres de coïncidences par minute en fonction de l'épaisseur de l'écran (du plomb dans les mesures décrites ici) une courbe exponentielle, qui représente l'absorption du rayonnement γ de la source. Si cette source émet également des neutrons, ceux-ci ne jouent pas de rôle puisqu'ils ne déterminent pas

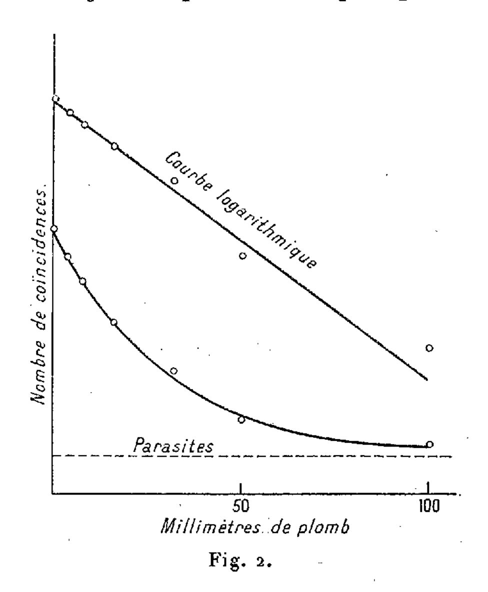


Fig. 2.

de coïncidences. La figure 2 montre cette courbe exponentielle et la courbe logarithmique qui s'en déduit. L'épaisseur de plomb qui réduit l'intensité à la moitié est de 21^{mm}, ce qui correspond à un coefficient d'absorption de $0,34\ cm^{-1}$. Cette valeur est différente de celle indiquée par Bothe et Becker pour le rayonnement total, ce qui n'est pas étonnant puisque, dans leur expérience, les neutrons intervenaient d'ailleurs d'une façon difficile à préciser. Des mesures sur d'autres absorbants et d'autres sources de rayonnement sont au cours avec cette méthode.

THERMOCHIMIE. — *Thermochimie des phosphates d'ammonium.* Note (1) de MM. **André de Passillé** et **Marius Séon**, présentée par M. G. Urbain.

Les seules données thermochimiques que l'on possède sur les orthophosphates d'ammonium (Ross, Merz et Jacob, *Ind. Eng. Chem.*, 1929, p. 286) semblent avoir été déduites des mesures de dissociation de ces sels, effectuées par Warren (2).

L'un de nous (3) ayant démontré que cet auteur avait, à son insu, fait ces mesures sur un composé dont on ne soupçonnait pas l'existence, nous avons repris, au moyen du calorimètre de Berthelot, l'étude thermochimique des phosphates mono, di et triammoniques.

Chaleurs de neutralisation à 15°C. — Elles ont été mesurées sur des solutions d'acide phosphorique contenant 1/6e de molécule-gramme par litre. Les solutions d'ammoniaque étaient de concentrations telles que les neutralisations s'effectuaient dans chaque cas pour des volumes égaux d'acide et de base.

Nous avons obtenu, dans ces conditions :

$$PO^4H^3.330\,H^2O + NH^3.330\,H^2O = PO^4H^2.NH^4.660\,H^2O \quad +14,2 \text{ cal/kg},$$
$$PO^4H^3.330\,H^2O + 2NH^3.330\,H^2O = PO^4H(NH^4)^2.660\,H^2O + 24,5 \quad »$$
$$PO^4H^3.330\,H^2O + 3NH^3.330\,H^2O = PO^4(NH^4)^3.660\,H^2O \quad + 25,2 \quad »$$
$$PO^4H^3.330\,H^2O + 6NH^3.330\,H^2O \quad 25,7 \quad »$$

Chaleur de dissolution à 15°C. — Elles ont donné :

$$PO^4H^2NH^4_{sol} + 660\,H^2O = PO^4H^2NH^4_{diss} \quad -4,28 \text{ cal/kg}$$
$$PO^4H(NH^4)^2_{sol} + 660\,H^2O = PO^4H(NH^4)^2_{diss} \quad -3,44 \quad »$$
$$PO^4(NH^4)^3_{sol} + 660\,H^2O = PO^4(NH^4)^3_{diss} \quad -8,5 \quad »$$
$$PO^4(NH^4)^3 3H^2O_{sol} + 660\,H^2O = PO^4(NH^4)^3 3H^2O_{diss} - 14,5 \quad »$$

Chaleurs de formation à 15°C. — De ces différentes valeurs des chaleurs de neutralisation et de dissolution, et des chaleurs de dissolution de l'ammoniac (+ 8,48) (4) et de PO^4H^3 (+ 2,69) (4) il est facile de déduire les

(1) Séance du 30 juillet 1934.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 1904.

(3) André de Passillé, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 356.

(4) *International Critical Tables*, 5, p. 178-180.

chaleurs de formation. On trouve ainsi :

$$PO^4H^3_{sol} + NH^3_g = PO^4H^2NH^4_{sol} \quad + 29,65 \text{ cal/kg}$$
$$PO^4H^3_{sol} + 2NH^3_g = PO^4H(NH^4)^2_{sol} \quad + 47,59 \text{ »}$$
$$PO^4H^3_{sol} + 3NH^3_g = PO^4(NH^4)^3_{sol} \quad + 61,83 \text{ »}$$
$$PO^4H^3_{sol} + 3NH^3_g + 3H^2O_{liq} = PO^4(NH^4)^3\,3H^2O_{sol} + 67,83 \text{ »}$$

Ces chiffres permettent d'ailleurs de déduire la chaleur de fixation d'une molécule d'ammoniac sur le phosphate monoammonique :

$$PO^4H^2NH^4 + NH^3 = PO^4H(NH^4)^2 + 17,94 \text{ cal/kg}$$

et celle de la fixation d'une molécule de gaz ammoniac sur le phosphate diammonique :

$$PO^4H(NH^4)^2 + NH^3 = PO^4(NH^4)^3 + 14,24 \text{ cal/kg.}$$

Ces derniers résultats concordent avec ceux que l'on peut déduire de l'étude, faite par l'un de nous ([1]), de la dissociation des phosphates d'ammonium.

On a trouvé dans l'étude citée que la réaction réversible

$$PO^4H(NH^4)^2 \rightleftharpoons PO^4H^2.NH^4 + NH^3 \rightarrow -Q_v$$

donne des pressions d'équilibre satisfaisant à la formule

$$\log_p = -\frac{16600}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,3.$$

Si l'on détermine, au moyen de cette équation, deux pressions d'équilibre pour des températures sensiblement voisines de celles des mesures calorimétriques (15° C.) et suffisamment rapprochées l'une de l'autre pour que l'on puisse faire l'hypothèse que la chaleur de réaction est constante dans leur intervalle : soit 10° et 20°, et si l'on applique les valeurs ainsi trouvées dans la formule de Clapeyron-Clausius

$$\log_n p_1 - \log_n p_2 = \frac{JQ}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right),$$

on trouve

$$Q_v(10°\text{-}20°) = +17,62 \text{ cal/kg.}$$

Or on trouve par mesure calorimétrique Q_p (15°C.) = 17,94 cal/kg, ce qui, ramené à volume constant, donne Q_v (15°C.) = 17,36 cal/kg (l'existence d'un composé intermédiaire, dont on peut faire l'hypothèse, entre le mono- et le di- ne modifierait guère ces chiffres).

([1]) ANDRÉ DE PASSILLÉ, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 356.

Dans le cas des réactions réversibles,

$$2PO^4(NH^4)^3 \rightleftharpoons P^2O^8H(NH^4)^5 + NH^3 \rightarrow -Q'_p$$

et

$$P^2O^8H(NH^4)^5 \rightleftharpoons 2PO^4H(NH^4)^2 + NH^3 \rightarrow -Q''_p,$$

les formules

$$\log_p = -\frac{11540}{4,57T} + 1,75 \log T + 3,3 \qquad \text{et} \qquad \log_p = -\frac{13650}{4,57T} + 1.75 \log T + 3,3$$

traduisaient exactement les résultats obtenus dans l'étude de la dissociation.

En calculant, ainsi que nous l'avons fait plus haut, p_1 et p_2 pour les températures de 10° et de 20°, on trouve, par la formule de Clapeyron-Clausius,

$$Q'_p(10^\circ\text{-}20^\circ) = 12,54 \text{ cal/kg} \qquad \text{et} \qquad Q''_p(10^\circ\text{-}20^\circ) = 14,66 \text{ cal/kg}.$$

Or, dans la réaction,

$$PO^4H(NH^4)^2 + NH^3 = PO^4(NH^4)^3 + Q'''_p,$$

$$Q'''_p = \frac{Q'_p}{2} + \frac{Q''_p}{2} = \frac{12,54}{2} + \frac{14,66}{2} = 13,60 \text{ cal/kg}.$$

On a trouvé par mesure calorimétrique $Q_p(15^\circ) = 14,24$ cal/kg, ce qui, ramené à volume constant, donne $Q_v(15^\circ) = 13,66$ cal/kg.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Analyse spectrographique quantitative : application au silicium.* Note (¹) de M. **Henri Triché**.

Cette Note résulte des travaux entrepris sur l'initiative et avec le concours du Service des Recherches de l'Aéronautique en vue de mettre au point une méthode de dosage des traces de métaux contenus dans les alliages légers. Le dosage du silicium étant relativement long et délicat, il nous a paru utile de lui appliquer les méthodes d'analyse spectrale. Depuis les travaux de de Gramont, divers auteurs ont été amenés à chercher dans quelle mesure les résultats pouvaient être reproduits identiques à eux-mêmes; citons, par exemple, Gerlach qui proposa la méthode des raies homologues ou méthode de l'étalon interne. Dans le cas du silicium, nous avons pu faire le dosage des alliages légers sous forme de solution; nous avons choisi la raie 2881 Å Si à laquelle nous avons associé la raie 2840 Å Sn.

(¹) Séance du 30 juillet 1934.

L'influence des métaux étrangers, même celle de l'aluminium et l'influence de la dilution sur l'égalité d'intensité ont pu être négligées. L'étincelle éclatait entre une électrode de zinc et la solution.

Pour chercher la correspondance entre les concentrations d'étain et de silicium nous avons opéré sur des solutions que nous avons faites à partir de sels : silicate de sodium et chlorure stannique soit seuls, soit en présence d'aluminate de sodium; le chlorure stannique est introduit dans la solution après lui avoir ajouté de la soude en excès. Les solutions étant à l'état colloïdal il est nécessaire d'employer un excès de soude pour éviter la floculation, soit avant, soit pendant le passage du courant. Le rapport Sn/Si est égal à 2,5 que la solution contienne de l'aluminium ou ne contienne que de l'étain et du silicium; de plus en faisant varier l'intensité du courant dans le primaire du transformateur, nous n'avons pas constaté de variation appréciable. Les alliages ont été dissous dans de la soude pure à l'alcool dont le spectre ne contient pas de raie du silicium. Pour certains alliages, il reste un résidu qu'on doit attaquer par HCl, on reprend par un excès de soude; la solution contient ainsi tout le silicium. Il est bon de vérifier que le spectre de la solution ne contenant que l'alliage ne possède pas la raie 2840 Å Sn. Les alliages que nous avons dosés contenaient en majeure partie de l'aluminium et quelquefois d'assez fortes proportions de magnésium. Les teneurs obtenues par voie chimique étaient de 0,44 (almélec), 5, 12 (alpax), 18 pour 100; les résultats trouvés par la méthode spectrographique concordent aux erreurs d'expériences près; la précision est voisine de 10 pour 100. Le montage électrique employé, qui comprend un transformateur donnant 15000 volts au secondaire pour 110 volts au primaire, est le même que celui qui nous a permis d'effectuer le dosage du magnésium [1].

II. La méthode précédente ne permet pas de doser facilement le silicium au-dessous de 0,5 pour 100; la sensibilité a été augmentée en employant un mode opératoire différent. On crée une relation entre la concentration du métal à doser T contenu dans l'alliage A et la concentration d'un métal auxiliaire B ou *étalon externe* contenu dans une solution S en produisant l'égalité d'intensité entre une raie de T et une raie voisine de B. L'étincelle est donc produite entre l'alliage A et une solution S pure. *Avantages :* 1° la sensibilité du métal T est plus grande en général dans un alliage que

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 5e série, **1**, IV, 1934, p. 495-505.

dans une solution; 2° les difficultés de mise en solution sont supprimées; 3° la précision est au moins égale à celle de la méthode précédente; 4° le choix du métal auxiliaire n'est pas limité par des considérations chimiques.

La solution était constituée par du chlorure stannique en milieu très fortement chlorhydrique. Les alliages avaient été dosés par voie chimique et pour les teneurs en silicium étudiées (0,1 à 0,6 pour 100) le rapport des concentrations Sn/S et Si/A a été trouvé constant et égal à 0,34. Une variation de $2^A,5$ à 6^A de l'intensité du courant dans le primaire du transformateur n'a pas affecté d'une façon sensible l'égalité d'intensité. Le silicium a été dosé dans les alliages légers à base d'aluminium dont les teneurs obtenues par voie chimique étaient : 0,13; 0,21; 0,35; 0,36; 0,44; 0,57 pour 100. La concordance est bonne, sauf pour l'alliage à 0,13 pour 100 pour lequel l'analyse spectrale donne 0,11. Ceci est peut-être dû à la faible quantité d'étain contenue dans les alliages car si la raie 2840 Å Sn est absente lorsque l'étincelle jaillit entre l'alliage et une solution d'HCl, elle est visible sur les spectres d'arc.

III. Certains métaux sont plus sensibles lorsqu'on emploie l'arc au lieu de l'étincelle comme moyen d'excitation; on doit pouvoir remplacer la solution précédente par un alliage contenant le métal auxiliaire (plusieurs analyses chimiques ont été effectuées par le Service des Recherches de l'Aéronautique).

EFFET RAMAN. — *Nouveaux résultats sur l'effet Raman du radical oxhydrile.* Note de M. **Louis Médard**, transmise par M. Ch. Fabry.

Nous avons exposé [1] nos observations sur l'effet Raman de diverses substances à groupe OH. Cependant tous les essais entrepris pour faire apparaître la bande Raman à laquelle pourraient donner lieu les groupes OH dans l'acide formique, le glycol et la glycérine avaient échoué, dans les conditions des premières expériences; depuis lors de nouvelles tentatives ont réussi dans le cas de HCOOH et de $CH^2OH — CH^2OH$ bien purifiés par plusieurs distillations sous vide.

Pour éliminer la lumière parasite, un montage s'est montré particulièrement efficace : la lumière de l'arc à mercure est filtrée à travers une

[1] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1407.

solution de chlorure de cobalt et un verre Corning n° 306; la lumière diffusée par le liquide étudié traverse une solution de nitrite de sodium qu'il est commode de placer juste avant la lentille servant à rabattre la lumière sur la fente du spectrographe. Le rôle du $CoCl^2$ est d'affaiblir fortement les radiations de λ supérieure à 4200 Å, celui du verre 306 d'affaiblir fortement tout l'ultraviolet, de sorte que leur combinaison, tout en présentant encore un coefficient de transmission de 0,2 environ pour les raies 4046 et 4078, ne transmet que de faibles résidus des autres raies de la source. Dans le cas qui nous occupe, il est particulièrement important d'éliminer le groupe à 3660 parce qu'il excite la fluorescence des impuretés des liquides étudiés, et que les condenseurs en verre moderne transmettent une notable fraction du proche ultraviolet. Quant au filtre secondaire au NO^2Na, il a pour objet de réduire à 0,02 environ la radiation fondamentale diffusée tout en transmettant encore 0,7 environ des radiations du domaine allant de 4500 à 5000 Å qui comprend les bandes cherchées; de la sorte, on évite le début de voile général de la plaque, qui pourrait provenir de lumière parasite produite à l'intérieur du spectrographe.

Dans ces conditions, avec une lampe Gallois 220 volts, des plaques Fulgur, et une dispersion de 34 Å par millimètre autour de 4500 Å, il faut une pose de 70 heures environ pour observer les bandes OH cherchées, excitées par 4046 Å.

L'acide formique anhydre montre une bande Raman faible allant de 2950 à 3300 cm^{-1} environ. Le glycol donne une bande d'intensité plus forte allant de 3250 à 3550 cm^{-1} environ.

Nous avons étudié de même la monochlorhydrine du glycol

$$ClCH^2 - CH^2OH$$

qui donne une bande d'intensité moyenne, s'étendant de 3300 à 3700 cm^{-1} et comprenant nettement deux composantes, la première (3300-3500 cm^{-1}) large et moins intense, la seconde (à 3700 cm^{-1}) plus étroite et plus intense.

Enfin de l'hydroxylamine NH^2OH, fraîchement préparée, a donné des spectres plutôt médiocres, à cause de la décomposition avec émission de bulles gazeuses subie par la substance sous le rayonnement excitateur. Cependant, il semble qu'une large bande vers 3300 cm^{-1} vienne se superposer aux raies du groupe NH^2; les clichés ont permis de relever, en outre, les fréquences caractéristiques : 897 (F), 921 (F), 1045 (t.f), 1108 (f), 1311 (t.f), 1605 (m), 3259 (a.F), 3306 (m).

Des essais sur de la glycérine anhydre distillée cinq fois sous vide élevé ont encore donné des spectres noircis par de larges fonds continus; cependant, à mesure que la glycérine est purifiée, il nous semble que ces fonds diminuent d'intensité, ce qui indiquerait que, contrairement à ce qu'on a parfois prétendu, ils sont le fait d'impuretés et non d'une manifestation spéciale d'Effet Raman propre aux liquides très visqueux.

CHIMIE PHYSIQUE ORGANIQUE. — *Sur la structure d'un para-xylylène.* Note (¹) de Mme **Simonne Allard**, présentée par M. G. Urbain.

D'après les théories modernes, la présence dans une molécule d'un électron non apparié, confère à cette molécule un moment magnétique permanent dû au spin de l'électron, ce qui lui impose d'être paramagnétique. Le calcul montre que la susceptibilité moléculaire serait, s'il n'y avait ni polymérisation, ni tautomérie possibles, égale à 1360.10^{-6}, diminué naturellement du diamagnétisme qui existe toujours à côté du paramagnétisme; mais ce diamagnétisme est toujours assez faible vis-à-vis du paramagnétisme, et l'on peut en conclure que les molécules organiques connues sous le nom de radicaux libres, et qui contiennent un carbone trivalent (ayant par conséquent un électron non apparié), doivent être paramagnétiques. Taylor (²) a, le premier, vérifié la théorie sur l'α-naphtyldiphénylméthyle en solution benzénique. Nous l'avons personnellement vérifiée sur le même corps, à l'état solide, au cours de recherches non terminées, sur la polymérisation des triarylméthyles étudiée à l'aide des propriétés magnétiques.

Nous avons pensé qu'il existait peut-être des composés à deux carbones trivalents (radicaux libres bivalents), ce que le magnétisme devait permettre de déceler. Nous en avons effectivement trouvé un exemple en étudiant un para-xylylène.

Thiele et Balhorn, Tschitschibabin, Staudinger ont, par des méthodes diverses, préparé le tétraphényl-para-xylylène. Tschitschibabin a préparé également le triphényl-α-naphtyl-para-xylylène et le triphényltolyl-para-

(¹) Séance du 30 juillet 1934.
(²) *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 854.

xylylène. Ils ont attribué à ces corps une structure quinonique :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ R \end{matrix} \!\!>\! C = \langle \overline{\underline{\quad}} \rangle = C \!<\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}$$

Ce sont des corps fortement colorés, doués d'un grand pouvoir réactionnel. Ces propriétés, ainsi que certaines méthodes de préparation (par exemple la réduction du chlorure par un métal), permettent de les comparer aux triarylméthyles, et de leur soupçonner les caractères de radicaux libres bivalents dont la structure serait la suivante :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ R \end{matrix} \!\!>\! C - \langle \quad \rangle - C \!<\!\! \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}.$$

Nous avons choisi le triphényl-α-naphtyl-para-xylylène à cause de la stabilité que donne le radical α-naphtyl aux triarylméthyles. Il fut préparé par la méthode de Tschitschibabin ([1]) qui consiste à condenser le chlorure de benzoyle et le triphénylméthane par la méthode de Friedel et Crafts, afin de former le para-benzoyltriphénylméthane, lequel, condensé avec le bromure d'α-naphtylmagnésium, donne, après hydrolyse, le para-benzhydryldiphényl-α-naphtylméthylcarbinol. Le chlorure correspondant, obtenu par action d'acide chlorhydrique en solution acétique sur le carbinol en solution benzénique, est réduit par la quinoléine au sein du xylène. Le triphényl-α-naphtyl-para-xylylène précipite en cristaux orangés vifs qu'on purifie par cristallisations dans le xylène. Ce corps fond à 238°-239° (point de fusion pris dans l'anhydride carbonique, car ce carbure se décompose quand on le chauffe à l'air), et présente une susceptibilité spécifique égale à $+1.10^{-7}$, alors que le chlorure dont il dérive a une susceptibilité égale à $-5,5.10^{-7}$. Ces valeurs correspondent à des susceptibilités moléculaires de $+458.10^{-7}$ pour le carbure et -2480.10^{-7} pour le chlorure. La différence, 2938.10^{-7}, est très supérieure à ce que l'on pourrait attendre du départ d'un atome de chlore et d'un atome d'hydrogène, dont les modules, d'après Pascal, sont respectivement $-209,5.10^{-7}$ et $-30,5.10^{-7}$.

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 2774.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle technique de dosage de l'hordénine.* Note de M. **Yves Raoul**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Jusqu'à ce jour les auteurs ayant tenté le dosage de l'hordénine ont utilisé la méthode générale indiquée pour la première fois en toxicologie par Stass; c'est grâce à elle que Léger ([1]) découvrit l'hordénine en 1906 par épuisement au moyen d'éther des radicelles d'orge alcalinisées. La décoloration est effectuée à l'aide de charbon animal et par recristallisation dans l'alcool.

Vers la même époque, O. Gaebel ([2]) épuise la matière première avec de l'alcool à 96°, puis lave l'extrait par de petites quantités d'éther après l'avoir alcalinisé. Il procède ensuite à l'extraction proprement dite par agitations avec de grands volumes du même solvant. S'il est exact que les impuretés passent dans l'éther plus rapidement que l'hordénine, les pertes n'en atteignent pas moins 60 pour 100 de l'alcaloïde à doser (teneur de 2 pour 1000 au lieu de 5 pour 1000).

En 1911 Torquato Torquati ([3]) décrit un procédé très long où l'extrait est desséché à 60°, après malaxage avec du plâtre, puis épuisé par l'alcool. Plusieurs transformations de la base en sulfate et vice versa, exigeant de multiples extractions pour être quantitatives, montrent bien la difficulté d'aboutir à un produit pur.

En dernier lieu, R. Seka ([4]), dans un article sur l'hordénine paru dans un traité pendant l'exécution de notre travail (1933), indique seulement la méthode de dosage de Gaebel et suggère, mais sans s'appuyer sur l'expérience, la possibilité d'une purification par sublimation.

La précipitation des alcaloïdes par l'acide silicotungstique, préconisée en 1899 par G. Bertrand ([5]) comme méthode générale de dosage de ces corps, a été récemment appliquée par Janot et Faudemay ([6]) à l'hordénine. Malheureusement, si la précipitation est aisée à partir de la solution d'un

---

([1]) *J. Pharm. Chim.*, 6e série, 33, 1906, p. 177.
([2]) *Archiv. der Pharmazie*, 354, 1906, p. 435.
([3]) *Archivio di Farmacologia sperimentale e Scienze affini*, 2, 1910, p. 62.
([4]) *Alkaloide, Handbuch der Pflanzenanalyse (Klein)*, 4, I, 1933, p. 503.
([5]) *Bull. Soc. chim. de Paris*, 3e série, 21, 1899, p. 434.
([6]) *Bull. Sc. pharm.*, 39, 1932, p. 288.

sel pur dans l'eau comme l'ont seulement étudiée ces auteurs, il n'en est plus de même dans le milieu complexe d'un extrait d'origine végétale.

Après de nombreux essais, nous avons préféré nous en tenir à la méthode de Stass, mais en en précisant chaque partie dans le but de rendre complète la purification de la totalité de l'hordénine, ce que nous réalisons finalement par sublimation dans le vide. A notre connaissance, ce procédé très rapide n'a jamais été utilisé pour cet alcaloïde; on trouve seulement dans la littérature des indications très brèves sur la purification par sublimation de la caféine et, parmi les barbituriques, du véronal. Toute décoloration par le noir animal qui adsorbe en même temps de l'hordénine doit être rejetée.

1° *Épuisement de la matière première.* — Nous partons de 10^g seulement de radicelles d'orge; la pulvérisation préalable est inutile. De tous les solvants essayés, y compris l'alcool éthylique à différents titres, le plus efficace est l'eau rendue acide par 0,5 pour 1000 de SO^4H^2. Les raisons de ce choix seront exposées en détail par ailleurs. Cinq portions de 100^{cm^3} d'eau acidifiées suffisent pour épuiser 10^g de radicelles.

2° *Concentration et purification de l'extrait.* — La concentration des liqueurs se fait sous pression réduite et le résidu est transvasé dans un tube cylindrique d'une capacité de 700^{cm^3}. Après addition d'un volume d'éther (préalablement privé d'alcool et saturé d'eau) égal à dix fois celui de l'extrait, le tube bien bouché est placé horizontalement sur deux courroies qu'entraîne un moteur électrique dont on peut faire varier régulièrement la vitesse. Des tubes analogues, mais dont la rotation s'effectuait à la main, furent utilisés par Schlœsing, puis G. Bertrand pour extraire la nicotine des jus de tabac. Ne pouvant avancer, le tube roule sur lui-même. Les grandes surfaces de contact perpétuellement renouvelées permettent d'atteindre dans le minimum de temps et sans émulsion l'équilibre du partage des substances dans les deux solvants. On siphonne la solution éthérée et l'on renouvelle les lavages jusqu'à non-coloration de l'éther.

3° *Extraction de l'hordénine.* — Sans jamais transvaser l'extrait aqueux, on l'alcalinise à l'aide d'ammoniaque et l'on favorise la mise en liberté de l'alcaloïde par agitation avec un courant de CO^2. De nombreuses expériences ont montré que dix extractions successives étaient nécessaires pour obtenir la base avec une erreur inférieure à 2 pour 100. Chaque extraction est effectuée avec dix fois plus d'éther que de liquide aqueux à épuiser. Le coefficient de partage pratique, compris entre 5 et 10, est très peu favorable.

4° *Purification et pesée.* — Nous sublimons dans un petit tube à boule de 10^{cm^3} muni d'une allonge conique; le raccord est réalisé au moyen d'un rodage spécial tenant le vide à sec. L'ensemble, disposé horizontalement, est en relation avec un flacon de 2^l jouant le rôle de volant de vide. La pression au cours d'une sublimation de 10 heures ne doit pas s'élever au-dessus de 5^{mm} de mercure. Une étuve électrique maintient la température à + 105° C. dans le tube à boule; l'air et un filet d'eau refroidissent l'allonge. Avant la sublimation, l'extrait est préalablement desséché dans le vide à la température ordinaire.

Si ces conditions indispensables sont observées, l'hordénine, quoique en présence de 20 à 60 pour 100 d'impuretés, se sublime seule, sans décomposition et totalement. Cristallisée et parfaitement blanche, elle fond d'emblée à + 117°,5, point de fusion du corps pur. Il a été possible d'en retrouver $1^{mg},2$ ajouté aux radicelles. Par ailleurs, nous avons rencontré dans certains touraillons des teneurs maxima 30 pour 100 supérieures à celles indiquées dans la littérature.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques au sujet de l'absorption de l'acétone par les nitrocelluloses.* Note (1) de MM. **Marcel Mathieu** et **Constantin Kurylenko**, présentée par M. G. Urbain.

I. L'un de nous (2) a étudié l'absorption de l'acétone par les nitrocelluloses et mentionné la nécessité de dessécher soigneusement l'acétone, l'huile, les fibres et les appareils.

Si l'on n'évite pas toute trace d'eau, on obtient avec la trinitrocellulose pour des tensions de vapeur d'acétone comprises entre 150 et 350^{mm} (3) des diagrammes nouveaux. Ces diagrammes sont identiques à ceux que K. Hess appelle acétone-trinitrocellulose I (4).

Sur ces diagrammes, outre les taches que nous avons appelées A_1 et qui se déplacent avec la quantité d'acétone contenue dans la fibre, on observe

(1) Séance du 23 juillet 1934.

(2) J. Desmaroux, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 148; M. Mathieu, p. 55.

(3) Si l'on admet qu'en présence de traces d'eau l'absorption de l'acétone dans la nitrocellulose se fait dans les mêmes proportions qu'en l'absence d'eau, la tension de vapeur d'acétone de 150^{mm} correspond à 1 Ac. par groupe C_6 fixés sur la nitrocellulose.

(4) *Z. Phys. Chem.*, 16, 1932, p. 351.

sur l'équateur des taches A_2 qui correspondent à une distance réticulaire $\delta_1 = 7,35$ Å, quasi identique avec la valeur initiale de la distance d_1, on observe de plus un troisième couple de taches que nous appellerons A_0 correspondant à un très grand écartement réticulaire $\delta_2 = 14,6$ Å.

On reproduit très facilement ce diagramme en ajoutant des traces d'eau à de l'acétone bien déshydratée.

Il semble difficile d'admettre que ce diagramme attribué par Hess à une variée I d'un composé acétone-trinitrocellulose soit dû à une phase solide unique constituant les fibres.

En effet, si l'on fait les expériences avec diverses acétones (celles-ci, bien que purifiées par distillation ou par précipitation du dérivé bisulfitique, contiennent des quantités d'eau variables) les diagrammes ont toujours les mêmes taches équatoriales A_0, A_1, A_2 mais les intensités de A_0 et A_2 varient beaucoup par rapport à l'intensité de A_1.

De plus, on peut, par addition de quantités variables d'eau à de l'acétone anhydre, faire varier les intensités relatives des taches pour une même tension de vapeur d'acétone.

Il convient de rappeler que cette action de traces d'eau a été observée sur la solubilité des nitrocelluloses dans les mélanges d'éther éthylique et d'alcool amylique [1] et sur la viscosité des solutions acétoniques [2] et dans de nombreux autres cas.

II. On a pu vérifier que la fixation d'acétone sur les nitrocelluloses est réversible tant que la structure fibreuse est conservée. Dans tous les cas, en balayant les vapeurs d'acétone par de l'air sec, on retrouve le diagramme de fibre initial.

La gélatinisation est irréversible, ce qui signifie que la régularité de l'édifice cristallin initial ayant été perdue, ne peut plus se retrouver.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Chaînes Provençales dans le nord de la Région varoise orientale.* Note [3] de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai montré comment il convenait, à mon sens, d'envisager la structure des Chaînes Provençales dans les environs de Castellane et au sud du

---

(1) *Mémorial des Poudres*, 18, 1921, p. 168.

(2) Duclaux et Barbière, *J. Chim. Phys.*, 28, 1931, p. 313.

(3) Séance du 23 juillet 1934.

Verdon (¹). Cette mise au point appelle, comme conséquence, une modification des interprétations tectoniques émises en 1914, 1922 et 1923, sur le nord de la Région varoise orientale, c'est-à-dire sur les chaînes comprises entre le haut Estéron et la haute vallée du Loup (²).

J'ai indiqué que le chaînon néojurassique et éocrétacé du Mousteiret s'enracinait nettement aux environs immédiats de la Bâtie. Or, vers l'Est, le prolongement de cette unité topographique est la montagne de Bleine à laquelle fait suite la montagne de Thorenc, puis le versant nord de la montagne du Cheiron. D'autre part, le versant sud du Cheiron se raccorde vers l'Ouest avec les chaînons, couronnés par une crête néojurassique continue, des Baumons, du Castellaras de Thorenc, du Bau Roux et de la Doire, ce dernier venant s'enraciner à l'est du Logis-du-Pin. Les parties culminantes du Cheiron, à l'est de la clue de Gréolières, montrent la fusion des Calcaires Blancs des deux chaînons en question qui encadrent la vallée de la Lane occupée par une dépression crétacée, ouverte à l'Ouest au delà de l'Artuby, fermée vers l'Est avec les bandes néocomiennes du Plan du Peiron. Il ne s'agit pas de deux segments de nappe, mais d'un même Jurassique entourant un synclinal crétacé, le tout allongé W-E et présentant une autochtonie évidente à l'Ouest.

La bordure septentrionale de ce long massif jurassique ne saurait être considérée non plus comme un front de nappe, de la même nappe. Une comparaison de la minute des levés géologiques au 1/50000ᵉ que j'avais effectués dans cette région avec la carte publiée, quelques années plus tard, par M. Nicolas Boutakoff m'a conduit à revoir cette bordure (³).

Ces nouvelles observations, achevées en 1932, m'ont permis de compléter quelques détails stratigraphiques concernant le Jurassique supérieur et, en précisant mes anciennes remarques sur l'allure des affleurements, m'ont conduit à mettre en accord l'explication structurale qui en résulte avec celle que j'ai récemment formulée pour les chaînes situées à l'Ouest.

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2189, et **199**, 1934, p. 217 et 374.

(²) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1460; **174**, 1922, p. 1024; **176**, 1923, p. 521 et 696.

(³) N. Boutakoff, *Mém. Instit. géol. Univers. de Louvain*, **6**, II, 1930, p. 115-316.

Les coupes géologiques structurales, dessinées avec une habileté et une élégance rares par l'auteur, m'avaient fait saisir la nécessité d'une revision d'hypothèses tectoniques qui aboutissaient à une traduction graphique si hardiment interprétative.

Si la boutonnière anticlinale de Végay est déjetée au Nord, ce qui entraîne un déversement local du Néojurassique sur le Crétacé du grand synclinal de l'Estéron, il n'y a pas de continuité dans ce déversement sur le flanc septentrional de la chaîne de Thorenc-Bleine jusqu'à sa terminaison à l'ouest de l'Artuby. Les Calcaires Blancs sont, il est vrai, redressés en plusieurs points, parfois subverticaux ainsi que les marno-calcaires valanginiens et hauteriviens qui les bordent, en superposition normale; mais l'ensemble s'enfonce régulièrement sous le Barrémien ([1]), affecté de plongements variables, souvent assez raides, généralement vers le Nord. Au reste, sur la minute que j'avais établie, aucune ligne de contact anormale ne figure sur ce versant et il ne me semble pas possible de maintenir le « contact mécanique » indiqué par M. Bontakoff.

Qu'il y ait donc déversement momentané du pli du Cheiron, fréquent redressement du Néojurassique, repli local des Calcaires Blancs entourés d'Éocrétacé, ces faits demeurent. Ils ne comportent pas, cependant, l'existence d'une région frontale d'unité à racines lointaines. Pareille constatation résulte des vérifications faites tout le long de la rive gauche de la Lane sur les contacts du Crétacé et du Jurassique supérieur. L'enfoncement normal des Calcaires Blancs sous les couches néocomiennes y est constant. Sur toute la bordure de ce segment sud du massif du Cheiron, on remarque encore quelques redressements des assises portlandiennes et, même, deux ou trois torsions vers le Nord que j'avais antérieurement signalées (sommet côté 1285 à l'ouest des Baumons, Castellaras de Thorenc). Mais cette raideur des pendages s'atténue peu à peu vers l'Ouest jusqu'à l'enracinement de la Doire.

Sur le versant nord de la Montagne de l'Audibergue, le long de la haute vallée du Loup, l'examen des contacts entre le Néojurassique et l'Éocrétacé ne montre que des superpositions normales. Ici, comme sur le versant nord du Cheiron, il y a de fréquents redressements des Calcaires Blancs et du Néocomien inférieur. Certains, même, atteignent la verticalité. Mais l'ensemble se termine et s'ennoie sous le Barrémien au sud-ouest de Caille. Il convient également, pour le second massif, de renoncer à la notion d'une nappe d'origine méditerranéenne.

Les chaînes du Cheiron et de l'Audibergue, provençales par les faciès de

---

([1]) En quelques points seulement, on constate un léger déversement des bancs barrémiens avec un pendage sud très localisé (rive méridionale du ruisseau de la Faye, environs du col des Lattes).

leur Jurassique, ne doivent donc leur origine à aucune translation importante. Elles se sont formées sur place et elles s'apparentent ainsi avec les chaînes du sud-est et du sud de Castellane avec lesquelles elles se relient d'ailleurs topographiquement, si l'on fait abstraction de quelques abaissements d'axe des plis. La direction de ces plis reste généralement W-E. Il apparaît bien que les déformations initiales de la région n'aient été que de larges ondulations possédant déjà cette orientation générale. Peut-être se placent-elles déjà à la fin du Crétacé. Elles s'accentuent ensuite sous l'action des mouvements orogéniques antélattorfiens, d'où le développement plus net, en certains points, d'anticlinaux et de synclinaux gardant cette direction constante, sans notable dislocation. Vient enfin l'orogénèse alpine dont il reste à déterminer, dans les régions considérées, les temps successifs et les manifestations les plus récentes. On sait qu'il faut lui attribuer les ruptures, les surrections, les chevauchements, les surélévations d'axe qui ont, d'ailleurs, souligné la trace des déformations antérieures.

GÉOLOGIE. — *La photographie aérienne au service de la géologie.* Note (¹) de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, transmise par M. Ch. Jacob.

L'établissement de la carte topographique du massif du Mont Blanc au 1/20000ᵉ, qui sert de base à nos recherches géologiques, a exigé l'utilisation de l'avion. En 1933, au Congrès de Chambéry de l'Association française pour l'Avancement des sciences, nous avons exposé avec quelques détails la marche de ce travail topographique. Quinze vols au-dessus du massif nous ont fourni une documentation photographique de plus de 1000 clichés du format 10×15. Toutes ces photographies sont susceptibles d'être examinées au stéréoscope. Vu le grand écartement des vues constituant chaque paire, allant de quelques centaines de mètres jusqu'à 2000^m, le relief et par conséquent la netteté de la morphologie deviennent surprenants. Il faut ajouter qu'elles permettent d'embrasser, d'un seul coup d'œil, de très grandes surfaces. Ces avantages rendent possible de paralléliser ou de raccorder certains faits que les courses à terre n'observent que disséminés, sans pouvoir les suivre en terrain trop accidenté. C'est le cas, en particulier, pour les témoins des anciennes glaciations et, mieux encore,

(¹) Séance du 30 juillet 1934.

pour les diaclases. Au surplus, pour les diaclases, celles-ci changent souvent de direction et de pendage, ce qui rend très suspect le raccord habituel entre des observations obtenues sporadiquement à terre avec l'instrument très imparfait qu'est une boussole de géologue, dont la précision ne dépasse pas 5°.

Voici, pour donner un exemple de ce que nous tirons de nos photographies d'avion, des constatations grosses de conséquences quant à l'origine de l'hydrographie du Rhône et de l'Arve.

On sait que, dans leurs parties supérieures, ces deux rivières coulent longitudinalement du Nord-Est au Sud-Ouest. Mais le Rhône tourne brusquement, presque à angle droit vers le Nord, près de Martigny, et l'Arve fait de même, près de Sallanches. C'est ainsi que les deux rivières franchissent les hautes Alpes calcaires transversalement et presque perpendiculairement à leur axe. Or, les photographies hyperstéréoscopiques aériennes de la Chaîne des Fiz et des Aravis, dans la région de Sallanches, montrent, exactement parallèle au cours de l'Arve, entre Sallanches et Cluses, un faisceau de diaclases verticales et parallèles. Les gigantesques murailles de calcaire, qui forment dans cette région les deux versants de la vallée de l'Arve, sont déterminées par les plans de ces diaclases, suivant lesquels se sont séparées, affaissées, écroulées, les tranches de la montagne. Des diaclases semblables, affectant seulement le soubassement hercynien, sont aussi visibles dans la région de Martigny. Entre les deux régions, les diaclases perpendiculaires à l'axe des plis alpins sont beaucoup plus rares et moins importantes.

Quelles peuvent être les raisons de la formation de ces deux paquets de diaclases dans la région de Martigny et celle de Sallanches? Certaines conditions géologiques de cette partie des Alpes permettent de formuler l'hypothèse suivante : les hautes Alpes calcaires, entre Martigny et Sallanches, reposent sur un socle hercynien fortement surélevé, mais qui, entre le Salentin et le Prarion, reste à un niveau à peu près constant, de sorte que l'axe des plis alpins y est presque horizontal, alors que brusquement vers le Nord-Est du Salentin de même que vers le Sud-Ouest du Prarion, cet axe s'affaisse. C'est ce phénomène qui a dû provoquer la formation des deux paquets de cassures reconnues dans le soubassement hercynien et, par répercussion, celle des cassures de la couverture sédimentaire. Ainsi se seraient créées, dans la chaîne des hautes Alpes calcaires vers Martigny et vers Sallanches, deux zones faibles, utilisées par la suite pour le passage de deux importantes rivières.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur l'âge et la structure des plus vieilles formations sédimentaires et cristallines du Nord du Tonkin.* Note (¹) de M. JACQUES FROMAGET, transmise par M. Ch. Jacob.

Ayant étudié récemment les gisements d'apatite au Sud de Laokay sur la rive droite du Fleuve Rouge, j'ai fait de nouvelles remarques sur la constitution des formations qui les contiennent : calcaires et schistes métamorphisés, appelés par M. Ch. Jacob (²) *série de Coc Xan*.

Cette série est liée stratigraphiquement, dans les régions montagneuses du Tonkin qui avoisinent le Yunnan, à d'autres séries métamorphiques ou cristallines, au sujet desquelles mes explorations des cinq dernières années m'avaient conduit (³) aux conclusions résumées dans le tableau ci-après.

Ces conclusions, restant entières quant à la succession des faits stratigraphiques, doivent être modifiées pour l'âge de certains éléments et leurs arrangements. En effet, étudiée dans le détail, la série de Coc Xan se montre constituée, au-dessus du vieux cristallin qui la perce en écailles, par un complexe inférieur, correspondant à la série de Chapa et comprenant des lambeaux discontinus de micaschistes à biotite, de chloritoschistes, d'amphibolites schisteuses et de cipolins, ces derniers en particulier s'égrenant en chapelets le long de certains contacts ou venant s'intercaler avec un faciès un peu différent au milieu des couches phosphatées qui sont au-dessus et qui se placent à la base d'un complexe supérieur ou complexe schisteux de la série de Coc Xan. La composition lithologique de celui-ci, et aussi la continuité de ses sédiments mis en regard de l'allure discontinue des formations qui la supportent, montrent que l'on a affaire à des *dépôts transgressifs sur un continent fortement érodé*. Ces éléments transgressifs sont en effet de véritables arkoses recristallisées et sériciteuses, des quartzites sériciteux, passant à des calcschistes micacés et à des schistes sériciteux, et contenant toujours de l'apatite, du graphite, du fer et du manganèse. L'enrichissement en apatite est souvent tel que ce minéral finit par constituer sur de longues distances de véritables bancs de plusieurs mètres d'épaisseur, l'apatite finement grenue formant jusqu'à 96 pour 100 de la roche.

(¹) Séance du 30 juillet 1934.

(²) *Bull. Serv. géol. Indochine*, 10, 1, 1921, p. 152.

(³) *Observations sur la stratigraphie et la géologie structurale de l'Indochine* [*Bull. Soc. géol. de France*, 5ᵉ série, 4 (*à l'impression*)].

Matériels tectoniques.	Systèmes.	Rive droite du Fleuve Rouge (Frontière du Yunnan).	Rive gauche du Fleuve Rouge (Frontière du Yunnan).	Vallée du Nam Ti (Yunnan oriental) (¹).
Hercynien	Dévonien		Calcaires de Sin Ma Hai.	Schistes et calcaires du Dévonien inf.
....	....	.....Érosion.....	...Discordance...	...Discordance...
Calédonien	Ordovicien	5. Quartzites séricitéux. 4. Schistes charbonneux et séricitéux. 3. Cipolins Calcaires de Coc Xan). (*)	2. Calcaires noirs cristallins. 1. Schistes et quartzites graphiteux. Cipolins (Calcaires de Tsin Men). (**)	3. Calcaires laminés à encrines. 2. Schistes satinés verdâtres avec quartzites. 1. Schistes lustrés pyriteux avec calcschistes. (***)
	....	....	....	....
	Cambrien	2. Amphibolites. 1. Micaschistes à graphite.	Amphibolites, schistes graphiteux.	Amphibolites, schistes graphiteux.
....	....	...Discordance...	...Discordance...	...Discordance...
Précambrien		Vieux cristallin du Fleuve Rouge.		
....	....	....	....	....

(*) Série de Chapa-Coc Xan; (**) Zone de Pakha; (***) Série du Pei Ho.

On peut donc affirmer que, s'il n'y a pas discordance angulaire entre les deux complexes de la série de Coc Xan — discordance masquée ici par l'intensité des plissements — il y a au moins discontinuité stratigraphique. Ajoutant que le métamorphisme dans les schistes de Coc Xan est loin d'être aussi important que dans leur substratum, cette discontinuité correspond à une période d'émersion de longue durée.

Au Sud-Est, dans la région de Vu Lao et plus au Sud encore, le phosphate du contact est remplacé par un gîte de fer qui, par son caractère franchement continental, fournit un argument de plus en faveur de la séparation des deux complexes de la série de Coc Xan.

(¹) J. Fromaget et E. Saurin, *Livre jubilaire de la Soc. géol. de France*, 1, 1900, p. 309 et suiv.

Sur la rive gauche du Fleuve Rouge, la discontinuité est marquée soit par l'absence ou l'allure lenticulaire des cipolins, soit encore par des témoins de micaschistes à graphite que percent des filons d'amphibolites et de pyroxénites souvent avec spinelle chromifère.

Donc, maintenant, il y a lieu de considérer : 1° une série de schistes lustrés avec calcaires (schistes de Coc Xan, série de Pakha et du Pei Ho), inférieure au Dévonien du Nam Ti et supérieure, discordante et transgressive sur : 2° les calcaires de Coc Xan et sur la série de Chapa (micaschistes à graphite, amphibolites et cipolins). La série supérieure seule serait *cambro-ordovicienne*. Quant à la *série de Chapa*, elle deviendrait *algonkienne;* ses plissements et la recristallisation du cristallin du Fan Si Pan se placeraient dans une *phase huronienne*, ce qui finalement reporterait le cristallin du Bas Nam Ti et du Fleuve Rouge dans l'*Archéen*.

Dans ces vues, la *phase calédonienne* comprendrait, d'une part, les plissements des schistes de Coc Xan et des séries de Pakha et du Pei Ho et, d'autre part, certains filons de granite micropegmatitique, intrusifs dans ces séries, et le métamorphisme de celles-ci.

MÉTÉOROLOGIE. — *Influence d'une forêt sur la température de l'air.* Note (1) de M. **Paul Seltzer**, transmise par M. Ch. Maurain.

Des inscriptions de température ont été effectuées dans la forêt de Haguenau (Bas-Rhin) dans le but de déterminer l'influence de la forêt sur la température de l'air. La station, dont j'indiquerai ailleurs les détails d'installation, était placée dans un peuplement de jeunes chênes (30 à 35 ans) de 9 à 10^{m} de haut. Des abris étaient disposés à des niveaux croissants : 1^{m},45; 4^{m},45 (base des couronnes); 6^{m},40; 9^{m},20 (haut des couronnes); 11^{m},90. Le rôle d'écran joué par les couronnes des arbres est précisé par les exemples ci-dessous.

1. *Heure du maximum.* — Les inscriptions au cours de 15 journées appartenant aux mois de mai et juin 1934 (ciel clair, nuageux ou couvert, pas de pluie), ont permis de tracer les courbes (*fig.* 1) représentant la variation moyenne de la température aux 5 niveaux désignés ci-après, entre 12^{h}30^{m} et 17^{h}30^{m}, temps local.

Le graphique fait ressortir des écarts très nets entre les heures du maximum, qui sont approximativement les suivantes :

(1) Séance du 30 juillet 1934.

Niveau	1m,45	4m,45	6m,40	9m,20	11m,90
Heures	15h 10m	15h 20m	15h 25m	15h 40m	15h 50m

Les heures du maximum se suivent dans l'ordre des niveaux croissants à partir du sol jusqu'au-dessus des couronnes; cependant il n'y a pas propa-

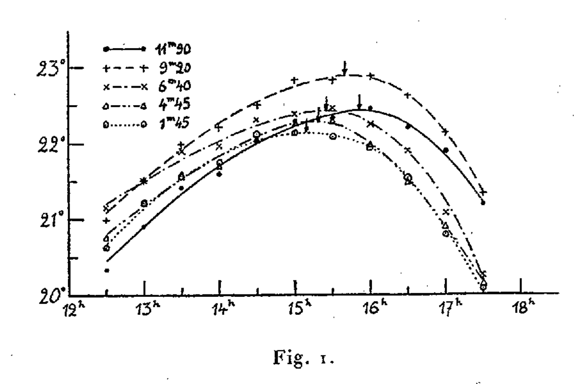


Fig. 1.

gation d'une onde thermique du sol vers l'air libre, ce qui exigerait une décroissance de la température à partir du sol.

La température a la valeur la plus élevée au haut des couronnes (9m,20), qui constituent le « sol effectif »; les écarts de température et d'heure du maximum entre les niveaux de 9m,20 et 11m,90 sont caractéristiques de toute élévation dans l'air libre.

Sous forêt au contraire, le maximum se produit plus tôt qu'à la hauteur

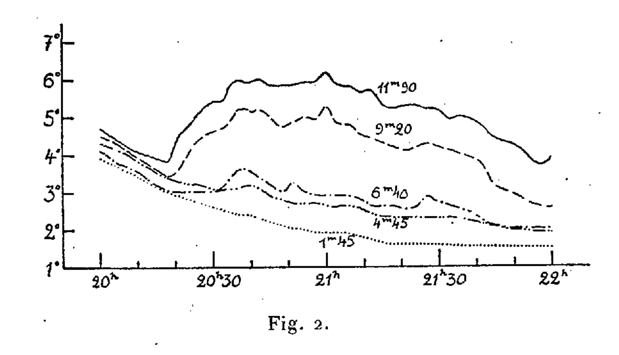


Fig. 2.

de 9m,20. Ce fait est dû à ce que, vers le milieu de la journée, le rayonnement pénètre le plus à l'intérieur de la forêt; le maximum de température dans les couronnes ne se produit que lorsque les rayons sont devenus assez obliques pour que les feuilles en interceptent la majeure partie.

2. *Invasion d'air chaud.* — La figure 2 reproduit les inscriptions thermo-

métriques du 5 avril 1934, de 20^h à 22^h (ciel clair; vent, mesuré à 12^m au-dessus du sol, presque calme). Il est utile d'indiquer qu'à cette date les arbres étaient encore entièrement dépourvus de feuilles. Néanmoins l'air chaud n'a presque pas pénétré à l'intérieur de la forêt, où la courbe de température continue à s'abaisser régulièrement. La différence de température entre $1^m,45$ et $11^m,90$ est de $4°,3$ à 21^h, tandis qu'elle n'atteint que $0°,8$ à 20^h : une forte inversion se produit, par conséquent il y a équilibre stable entre les couches d'air superposées, qui ne tendent pas à se mélanger.

3. *Invasion d'air froid.* — Le phénomène opposé a été observé le 1er juin 1934 (*fig.* 3). Le ciel était entièrement couvert par A-St et Ni, la

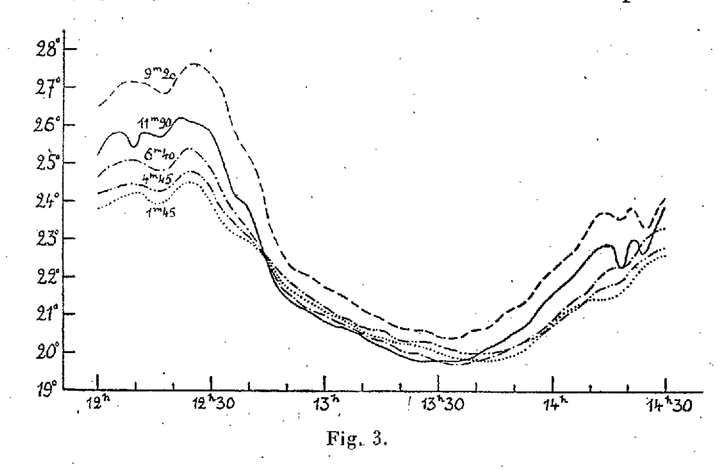


Fig. 3.

vitesse moyenne du vent à 12^m était de 1,5 m/s. Malgré la présence des feuilles qui avaient atteint alors leur croissance définitive, les couronnes ne constituent aucun barrage à la progression de l'onde thermique, qui s'inscrit aux différents niveaux par des courbes présentant une similitude très prononcée. L'air froid s'affaisse à l'intérieur de la forêt, de sorte que la répartition initiale des températures (type diurne fréquent : fort maximum au haut des couronnes, inversion à l'intérieur de la forêt) fait place à une répartition plus voisine de l'isothermie : légers maxima au haut et à la base des couronnes, inversion près du sol. Telle est, la décroissance dans l'air libre mise à part, la répartition typique de la nuit; elle indique : 1° un refroidissement général de l'air sous forêt, produit par l'affaissement d'air froid à partir des couronnes; 2° un refroidissement de l'air au voisinage du sol, dû au rayonnement de la végétation (branches, feuilles, herbes, etc.), particulièrement dense à ce niveau.

Il résulte des observations relatées ci-dessus que même dépourvues de

feuilles, les couronnes constituent une séparation très nette entre les masses d'air au-dessus et au-dessous d'elles, à condition que celles-ci soient réparties par ordre de densités décroissantes à partir du sol; dans le cas contraire, l'effet des couronnes est nul.

PALÉOBOTANIQUE. — *Observations sur la classification des vrais* Pecopteris [1]. Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Ch. Barrois.

Avant toute autre considération, les vrais *Pecopteris* doivent être divisés en deux grands groupes d'après la nature de leurs fructifications : les *Senftenbergia* (sporanges isolés pourvus d'une plaque apicale) et les *Asterotheca* (sporanges sans anneau, groupés en étoile sur un réceptable plus ou moins saillant).

Le groupe *Senftenbergia* comprend comme le pensait Stur : *P. aspera*, *P. plumosa-dentata*, *P. pennæformis* et *P. Volkmanni*, semblables par l'appareil végétatif et aussi par les sporanges. Il est probable que le genre *Dactylotheca* devra être rayé de la nomenclature, la plaque apicale caractéristique des *Senftenbergia* se différenciant tardivement sur les sporanges ovoïdes de ce type.

Le groupe *Asterotheca* englobe : 1° tous les *Pecopteris* du groupe *abbreviata-Miltoni*; 2° tous les *Pecopteris* cyathéoïdes (*P. cyathea*, *P. arborescens*, *P. hemitelioides*, etc.).

Le groupe *abbreviata-Miltoni* à son tour paraît prendre une extension considérable. Nous ne parlerons pas de *P. lamuriana* Heer qui est issu directement de *P. Miltoni*. Plus intéressant est le *P. avoldensis* Stur, avec ses fructifications de *Zeilleria* qui ne sont, comme le pensait Gothan et comme l'a montré Corsin, que des *Asterotheca*, fixées à l'extrémité des nervures (sores *terminaux*, alors que ceux d'*Asterotheca* sont *superficiels*).

A ce groupe, il faut encore rattacher comme formes dérivées :

1° *P. saræfolia* P. B. (cf. *P. Röhli* Stur, *pars*); fructifications d'un type nouveau, appartenant au genre *Danæites* Göppert (?). Celles-ci représentent une curieuse variation du type *Asterotheca*, dont elles paraissent dériver par multiplication et effilement des sporanges. Chaque synange

---

(1) Le groupe des *pseudo-Pecopteris* comprend des formes comme *P. Plückeneti* et *Emplectopteris triangularis* Halle, dont les frondes ont été trouvées garnies de graines et qui sont des *Ptéridospermées*.

présente une insertion un peu allongée sur la nervure support et comprend 6, 8 ou 10 sporanges *allongés* et pendants, mais formant néanmoins une masse compacte, comprimée parallèlement à la nervure. Il est très probable que c'est cette fructification, qui, mal comprise par Stur, a donné lieu à la description inexacte des *Danæites*. Chaque sore paraît en effet logé dans une cavité du limbe, mais est en réalité parfaitement libre.

2° *P. longifolia* Brongn.; fructifications très voisines des *Acitheca*.

3° *P. polymorpha* Brongn.; fructifications du type *Acitheca* : sporanges effilés et pendants, fixés par 4 sur un réceptacle.

4° *P. unita* Brongn.; fructifications du type *Ptychocarpus*, comprenant 8 sporanges intimement soudés entre eux et fixés sur un réceptacle.

5° *Asterocarpus truncatus* Rost *in* Germar; fructification caractérisée parce que chaque synange comprend 5 sporanges oblongs intimement accolés, ce qui réalise un état intermédiaire entre *Asterotheca* et *Ptychocarpus*.

Chacune de ces formes doit être considérée comme le prototype de tout un groupe. Nous avons eu l'occasion d'en examiner de nombreux exemplaires au cours de notre étude des Pécoptéridées du bassin houiller sarro-lorrain et nous avons été vivement frappé par leur liaison entre elles et avec le *Pecopteris abbreviata-Miltoni*.

La classification que nous proposons englobe la majeure partie, sinon la totalité des vrais *Pecopteris*. Elle entraîne invinciblement la conclusion que ces plantes font partie de la classe des Filicales *au même titre* et *pour les mêmes raisons* (appareil reproducteur, organisation anatomique, appareil végétatif) que les Fougères actuelles.

MYCOLOGIE. — *Essai de différenciation entre les Champignons cellulolytiques parasites du papier.* Note (¹) de MM. **Auguste** et **René Sartory**, **Jacques Meyer** et **Hans Bäumli**.

Dans toutes nos expériences nous avons fait usage de la cellulose pure Poulenc, lavée à l'alcool, à l'éther et séchée à l'étuve avant la pesée.

Pour ce qui est du premier procédé (Dmoschowsky et Tollens) on a disposé dans les milieux en tube de Borrel un poids connu (1^g) de cellulose pure, sous forme de bandes rectangulaires enroulées. Afin d'éviter toutes causes d'erreur nous avons uniquement ajouté de l'eau distillée; le tout a été tyndallisé à $+100°$. L'ensemencement en stries a été pratiqué au

(¹) Séance du 30 juillet 1934.

moyen de l'öse de platine, le long des parois du cylindre cellulosique. Avant le dosage de la cellulose nous avons dilacéré la culture afin de séparer la petite quantité de cellulose et de matière dégradée qui adhérait encore au mycélium.

Les expériences témoins effectuées avec la cellulose non soumise à l'action des microorganismes nous ont montré qu'il n'y avait par ces manipulations aucune perte en substance cellulosique. Nous avons, en outre, contrôlé l'exactitude de notre technique par des expériences répétées au moyen de cellulose stérile pesée et soumise aux mêmes conditions expérimentales. Les pesées au moyen de la cellulose soumise au même traitement chimique après des périodes différentes ont toujours fourni un poids correspondant sensiblement à celui qui avait été mis en œuvre.

En outre nous avons employé la méthode de Drechsel qui n'est applicable qu'aux microorganismes attaquant la cellulose tout en donnant naissance à des produits gazeux. Une quantité exactement pesée de cellulose dilacérée dans de l'eau distillée est introduite dans un grand vase de verre; on tyndallise à $+100°$, puis on ensemence au moyen des germes étudiés; on relie le vase à la trompe à vide de manière à réaliser un courant aspirant. L'air traverse au préalable un long tube rempli de coton; on le dessèche et on le prive de toute matière organique par passage à travers l'acide sulfurique concentré; on le débarasse de son anhydride carbonique par lavage dans un flacon contenant de la chaux sodée. Un troisième flacon laveur renfermant de l'eau de baryte sert à contrôler l'absence d'anhydride carbonique et rend l'air un peu humide.

L'air traverse ensuite le vase contenant la cellulose ensemencée, puis passe dans deux flacons contenant de l'eau de baryte. Du poids du précipité de carbonate de baryum obtenu après lavage et calcination on arrive à déduire celui de l'anhydride carbonique dégagé. La quantité de gaz carbonique dégagé est directement proportionnelle à la quantité de cellulose détruite par le champignon en étude.

Pour les champignons assimilant la cellulose sans dégagement gazeux nous avons employé la première méthode : dans ce cas les dosages ont été effectués après 60, 90, 120 et 150 jours; on a employé tout d'abord un milieu de cellulose pure contenant du nitrate de potasse ($0^{cg},50$); d'autre part on a fait usage de milieu contenant à la place de ce sel minéral des peptones (5^{g} pour 1000) ou de la gélatine pure ou additionnée de glucose (2 pour 100). Ces techniques ont été utilisées pour le *Cladosporium herbarium*, var. *cellulosæ*, pour le *Fusarium cæruleum* et l'*Aspergillus fumigatus*, var. *cellulosæ*.

Dans le tableau suivant nous exprimons les moyennes de trois analyses effectuées chaque fois par rapport à chaque organisme et à chaque milieu (cette moyenne exprime la cellulose restante en pour 100) :

		Milieu de cellulose additionné de			
Jours.	Organismes.	nitrate de potasse.	peptones.	gélatine.	gélatine glucosée.
60	*Cladosporium*.....	77	93,8	74,9	94,8
	Fusarium........	88,1	81,9	77,4	79,1
90	*Cladosporium*.....	66	89	71,6	91,3
	Fusarium........	78,4	71,4	69,7	65,4
120	*Cladosporium*.....	59,1	84,1	66,7	87,6
	Fusarium........	70,4	61,2	56,1	54,17
150	*Cladosporium*.....	46,6	73,3	58,6	84,3
	Fusarium........	65,8	39,3	38,5	41,1

En ce qui concerne les champignons assimilant la cellulose avec dégagement d'anhydride carbonique nous avons fait appel à la méthode de Drechsel qui nous a donné les résultats suivants :

	Organismes.	
Jours.	Actinomyces.	Monilia.
8	0,0214	0,0165
10	0,0224	0,0187
20	0,0254	0,0202
30	0,0227	0,0213
50	0,0875	0,0547
70	0,0153	0,075
80	0,0053	0,0037
90	0,0208	0,0179
120	0,082	0,049

De ces expériences nous nous croyons en droit de conclure :

1° Le *Cladosporium* assimile la cellulose le plus intensément dans un milieu ne contenant aucun autre hydrate de carbone et renfermant comme source d'azote un sel minéral sous forme d'ion acide. L'*Aspergillus* se comporte de la même façon; le *Fusarium* par contre présente dans ces conditions un pouvoir cellulolytique faible.

2° La présence d'azote organique sous forme de peptones diminue sensiblement le pouvoir cellulophage du *Cladosporium* et de l'*Aspergillus*, mais augmente celui du *Fusarium*.

3° La présence d'azote organique sous forme de gélatine pure n'influence

pas sensiblement le pouvoir cellulolytique du *Cladosporium*, mais augmente l'assimilation cellulosique du *Fusarium* et de l'*Aspergillus*.

4° La présence de sucre dans le milieu gélatiné exerce une action inhibitrice sur le pouvoir cellulolytique du *Cladosporium* et de l'*Aspergillus*, mais une action favorisante sur la destruction cellulosique par le *Fusarium*.

5° La dégradation de la cellulose chez ces trois organismes est incomplète et s'arrête prématurément. En ce qui concerne *Monilia* et *Actinomyces*, l'action cellulolytique se manifeste suivant des cycles progressifs.

PHYSIOLOGIE. — *Abaissement de la réserve alcaline et mouvement du chlore dans le sang au cours de l'hyperthermie provoquée par les ondes courtes.* Note de MM. **Léon Binet**, **M. Laudat** et **J. Auclair**, présentée par M. Ch. Achard.

Notre expérimentation a porté presque exclusivement sur le chien et quelquefois chez l'homme.

Les chiens, à jeun, ont reçu d'abord une injection intraveineuse de chloralose; 1 heure plus tard, leur température demeurait normale (39°) ou bien s'était abaissée (dans un cas jusqu'à 36°). A ce moment, à l'aide de l'appareil Diathermax, nous avons soumis les animaux à des ondes d'une longueur de 15 à 18^{m}. Suivant la résistance et surtout suivant le poids des chiens, et suivant le réglage de l'appareil, l'hyperthermie peut être produite plus ou moins rapidement; il nous a paru préférable de la réaliser très progressivement. Certains animaux ont succombé à partir de 43°; dans plusieurs cas nous avons pu atteindre 45° et très exceptionnellement 46°. Chez d'autres, lorsque l'hyperthermie était parvenue à 42° ou 43°, nous l'avons maintenue à ce taux pendant des temps variés en réduisant le débit de l'appareil. Enfin, lorsque les animaux ont résisté à ces fièvres élevées, nous avons supprimé les ondes et assisté à la chute relativement lente de la température.

En prélevant du sang artériel à divers temps des expériences, nous avons pu observer des modifications dans la teneur des principaux constituants du plasma (protides, glucides, lipides et substances minérales). C'est l'acide carbonique total qui est le plus fortement influencé par les ondes courtes.

L'hyperthermie provoquée s'accompagne toujours d'une diminution de l'acide carbonique total contenu dans le plasma. Cette baisse n'est pas régulièrement proportionnelle à l'élévation de la température; la résis-

tance individuelle des animaux et surtout le temps nécessaire pour réaliser l'hyperthermie exercent une influence assez sensible. Lorsque la température de l'animal a atteint 42° ou 43°, on constate, si on la maintient à peu près fixe durant quelque temps, que l'acide carbonique du plasma continue à baisser d'autant plus que la durée de l'expérience a été plus longue. Nous avons noté ainsi des chiffres d'acide carbonique de 8 à 10 volumes, correspondant aux valeurs les plus faibles que nous ayons pu réaliser, aux températures exceptionnelles de 45 ou 46° [1].

Dès que sa température s'élève, le chien, pour lutter contre l'hyperthermie, fait de la polypnée thermique. Il semble que la chute de la réserve alcaline puisse être facilement expliquée par la perte que subit le sang du fait de l'hyperventilation; cependant, le phénomène n'est pas aussi simple. Si l'on examine, en effet, le sang d'un chien dont la température est tombée, du fait de l'anesthésie par le chloralose, à 36°,3, par exemple, et, si après l'avoir fait remonter par les ondes courtes, à 39°,2 (ce qui représente la température normale du chien), on effectue un second prélèvement, on constate que la teneur du plasma en acide carbonique s'est un peu abaissée, alors que le rythme respiratoire n'a pas été modifié. D'autre part, lorsqu'on injecte par voie intraveineuse de l'apomorphine, qui s'oppose à l'installation de la polypnée (J. Camus), on observe encore, sous l'influence de l'hyperthermie, une baisse de l'acide carbonique qui peut atteindre 12 ou même 8 volumes. Enfin, si l'on supprime l'action des ondes, chez un chien dont la température s'est élevée à 42° et qui a une forte polypnée, on constate que l'hyperthermie diminue bientôt et que la respiration se régularise; la chute de l'acide carbonique ne s'arrête cependant que plusieurs heures plus tard quand la température est déjà normale.

Mais l'expérimentation sur l'homme apporte la preuve la plus décisive. L'homme ne se défend pas contre l'hyperthermie par de la polypnée, et cependant la teneur en acide carbonique de son plasma diminue sous l'action des ondes courtes moins toutefois que chez le chien pour des élévations de température et des durées d'expérience du même ordre.

La baisse de l'acide carbonique dans le plasma du chien, sous

(1) Il est important de signaler que, si l'animal succombe à l'asphyxie, le sang examiné à ce moment présente des modifications plus délicates à interpréter. En effet, nous avons pu vérifier à plusieurs reprises que, chez le chien, dans l'asphyxie expérimentale, l'acide carbonique s'élève assez notablement; on pourra donc observer un arrêt dans la chute ou même une ébauche d'ascension de l'acide carbonique.

l'influence des ondes courtes, ne paraît donc pas due, uniquement du moins, aux modifications du rythme respiratoire.

En modifiant expérimentalement la réserve alcaline du sang, on fait varier la teneur en chlore des globules et du plasma. Nous avons contrôlé ce fait en soumettant des chiens anesthésiés à une hyperventilation ou bien à une asphyxie par obstruction de la trachée ([1]).

Or, dans toutes nos expériences, nous avons vu augmenter la teneur du plasma en chlore et diminuer celle des globules, dans des limites relativement étroites; ainsi chez un chien, tandis que l'acide carbonique baissait de 59 pour 100 ($46^{vol},2$ à $17^{vol},6$), le chlore augmentait de 4,7 pour 100 seulement dans le plasma ($4^{g},01$ à $4^{g},20$) et diminuait de 8,6 pour 100 dans les globules ($2^{g},43$ à $2^{g},10$). De même lorsque, s'opposant à la polypnée, on a provoqué une hyperthermie considérable; la réserve alcaline a fléchi de 79 pour 100, mais le chlore ne s'est élevé dans le plasma que de 3,6 pour 100 et abaissé de 8,7 pour 100 dans les globules. Le maintien prolongé d'une hyperthermie modérée et la baisse de température consécutive à la suppression des ondes apportent dans la chlorémie des modifications du même ordre que celles de l'acide carbonique.

Si les variations de la chlorémie, provoquées chez le chien par les ondes courtes, sont quantitativement beaucoup moins importantes que les variations de la réserve alcaline, elles paraissent cependant toujours en rapport avec celles-ci.

Signalons enfin que, chez l'homme, dont le rythme respiratoire ne paraît pas influencé par l'hyperthermie et dont l'acide carbonique plasmatique baisse assez modérément, les modifications de la chlorémie présentent le même sens et à peu près la même amplitude que chez le chien.

Conclusions. — L'hyperthermie provoquée par les ondes courtes, amenant une chute de la réserve alcaline du plasma sanguin, s'accompagne d'une légère augmentation de la teneur du plasma en chlore et d'une faible diminution de celle des globules.

La séance est levée à $15^{h}25^{m}$.

A. Lx.

---

(1) *Traité de Physiologie normale et pathologique*, 5, p. 422.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 AOUT 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *L'équation d'ondes du photon.* Note (¹) de M. **Louis de Broglie.**

Nous avions proposé (²) de considérer le photon comme formé par deux corpuscules complémentaires qui soient l'un par rapport à l'autre comme l'électron positif par rapport au négatif et nous avions rattaché à cette conception une définition des champs électromagnétiques liés au photon. Cette théorie présentait l'inconvénient grave de ne pas satisfaire au principe de superposition et soulevait certaines autres objections. Comme nous l'avions dès ce moment indiqué, il y avait lieu de chercher une nouvelle forme de la théorie qui introduirait d'emblée une équation des ondes pour le photon au lieu de partir, ainsi que nous l'avions fait, de l'équation de Dirac pour le demi-photon.

Nous croyons avoir trouvé cette équation d'ondes du photon qui serait la suivante :

$$(1)\quad \frac{1}{c}\frac{\partial\Phi_{ik}}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\sum_{lm}(A_1)_{ik,lm}\Phi_{lm}+\frac{\partial}{\partial y}\sum_{lm}(A_2)_{ik,lm}\Phi_{lm}+\frac{\partial}{\partial z}\sum_{lm}(A_3)_{ik,lm}\Phi_{lm}+\varkappa(2\mu_0)c\sum_{lm}(A_4)_{ik,lm}\Phi_{lm},$$

où $\varkappa=2\pi i/h$ et où les indices i et k peuvent parcourir les valeurs 1, 2,

(¹) Séance du 6 août 1934.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 135.

3, 4. Les A sont des matrices à 16 lignes et 16 colonnes définies par les relations

$$(2)\quad \begin{cases} (A_1)_{ik,lm} = \frac{1}{2}[(\alpha_1)_{il}\delta_{km} + (\alpha_1)_{km}\delta_{il}], \\ (A_2)_{ik,lm} = \frac{1}{2}[(\alpha_2)_{il}\delta_{km} - (\alpha_2)_{km}\delta_{il}], \\ (A_3)_{ik,lm} = \frac{1}{2}[(\alpha_3)_{il}\delta_{km} + (\alpha_3)_{km}\delta_{il}], \\ (A_4)_{ik,lm} = \frac{1}{2}[(\alpha_4)_{il}\delta_{km} - (\alpha_4)_{km}\delta_{il}], \end{cases}$$

les α_i étant les matrices classiques de la théorie de Dirac. L'alternance des signes dans les seconds membres de (2) est essentielle. Notons que *l'on n'a pas*

$$(3)\quad A_i A_j + A_j A_i = \delta_{ij}.$$

L'équation (1), qui représente un système de 16 équations simultanées entre les 16 composantes de la fonction d'ordre Φ, constitue à nos yeux la véritable équation du photon. Dans cette équation, $2\mu_0$ désigne la masse du photon, μ_0 étant celle du demi-photon.

Un fait essentiel est que l'équation (1) admet la solution

$$(4)\quad \Phi^0_{ik} = \delta_{ik}.$$

Cette solution remarquable correspond à une énergie, une quantité de mouvement et un spin nuls. Elle est donc appropriée à la représentation de l'état d'annihilation du photon.

Partant de cette remarque, nous définirons les grandeurs électromagnétiques liées au photon comme correspondant à la transition d'un état initial Φ à l'état Φ^0. Nous inspirant de nos précédentes définitions, nous poserons :

$$(5)\quad \begin{cases} \vec{A} = -K\sum_{ik} \Phi^0_{ik}\vec{A}\,\Phi_{ik}, & V = K\sum_{ik}\Phi^0_{ik}\Phi_{ik}, \\ \vec{h} = K\varkappa(2\mu_0)c\sum_{ik}\Phi^0_{ik}\vec{A}A_4\Phi_{ik}, & \vec{H} = K\varkappa(2\mu_0)c\sum_{ik}\Phi^0_{ik}\vec{S}A_4\Phi_{ik}, \end{cases}$$

où $\vec{A}$ est l'opérateur-vecteur de composantes $A_1 A_2 A_3$ et $\vec{S}$ l'opérateur-vecteur de composantes $A_2 A_3$, $A_3 A_1$, $A_1 A_2$.

Il est évident que les définitions (5) satisfont au principe de superpo-

sition. De plus, on vérifie aisément les relations

$$(6) \qquad \vec{h} = -\operatorname{grad} V - \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{A}}{\partial t}, \qquad \vec{H} = \operatorname{rot} \vec{A}.$$

Dans l'équation de Dirac, nous avons 4 fonctions d'onde dont deux, Ψ_1 et Ψ_3, correspondent au spin $h/4\pi$ et les deux autres, Ψ_2 et Ψ_4, au spin $-h/4\pi$; d'où l'existence dans chaque solution monochromatique de deux constantes qui indiquent dans quelle proportion il faut superposer l'onde lévogyre et l'onde dextrogyre pour obtenir la solution considérée. Ici, avec l'équation (1), nous avons 16 fonctions Φ et l'on peut voir qu'elles se répartissent en trois groupes. Il y a d'abord 8 fonctions, celles dont les indices sont de même parité, qui correspondent au spin o; il y a ensuite 4 fonctions, celles dont les indices sont de parités différentes, le premier étant pair, correspondant au spin $-h/2\pi$; enfin 4 fonctions, celles dont les indices sont de parités différentes le premier étant impair, correspondent au spin $+h/2\pi$. Dans une solution monochromatique de (1), doivent donc figurer en général trois constantes qui indiquent dans quelle proportion cette onde Φ est formée par la superposition des trois cas purs correspondant aux valeurs o, $h/2\pi$ et $-h/2\pi$ du spin.

Envisageons par exemple une onde Φ plane et monochromatique se propageant dans une direction que nous prenons pour axe des z. Posons

$$(7) \qquad \Delta = \frac{W}{c} + 2\mu_0 c, \qquad P = e^{\varkappa[Wt - pz]},$$

avec la relation

$$(8) \qquad \frac{W^2}{c^2} = p^2 + (2\mu_0)^2 c^2,$$

nous obtenons facilement les expressions suivantes des Φ_{ik} :

$$(9) \qquad \left\{\begin{array}{lll} \Phi_{11} = \Phi_{22} = \Phi_{33} = \Phi_{44} = \frac{p}{\Delta} C_0 . P, & & \\ \Phi_{24} = -\Phi_{13} = +\frac{p^2}{\Delta^2} C_0 , P, & \Phi_{42} = -\Phi_{31} = C_0 . P, & \\ \Phi_{41} = -C_2 . P, & \Phi_{23} = \frac{p^2}{\Delta^2} C_2 . P, & \Phi_{43} = -\Phi_{21} = \frac{p}{\Delta} C_2 . P, \\ \Phi_{32} = \ C_1 . P, & \Phi_{14} = \frac{p^2}{\Delta^2} C_1 . P, & \Phi_{34} = -\Phi_{12} = \frac{p}{\Delta} C_1 . P. \end{array}\right.$$

Les champs électromagnétiques attachés au photon dans l'état (9) ont pour

expressions :

$$(10)\quad \begin{cases} h_x = -2K\varkappa(2\mu_0)\dfrac{W}{c}(C_1-C_2).P, & H_x = -2K\varkappa(2\mu_0)c\dfrac{p}{\Delta}i(C_1+C_2).P, \\ h_y = -2K\varkappa(2\mu_0)\dfrac{W}{c}i(C_1+C_2).P, & H_y = -2K\varkappa(2\mu_0)c\dfrac{p}{\Delta}(C_1-C_2).P, \\ h_z = \quad 4K\varkappa\dfrac{(2\mu_0)^2c^2}{\Delta}C_0.P, & H_z = 0. \end{cases}$$

Les composantes de spin nul caractérisées par la constante C_0 donnent naissance à une onde électrique longitudinale qui est d'ailleurs négligeable si $\mu_0 c^2 \ll W$. Les composantes de spin $\pm h/2\pi$ donnent naissance à une onde transversale qui, lorsque la condition précédente est réalisée, présente tous les caractères de l'onde électromagnétique classique. Cette onde peut posséder tous les états de polarisation physiquement réalisables suivant les valeurs des constantes complexes C_1 et C_2 : il est aisé de le vérifier.

On voit que la nouvelle forme de notre théorie du photon basée sur l'équation (1) paraît conserver tous ceux des caractères de notre théorie primitive qui étaient satisfaisants et éliminer ceux qui ne l'étaient pas.

Notons enfin que l'équation (1) admet des solutions susceptibles de représenter le champ électrostatique d'une charge ponctuelle.

NOMINATIONS.

M. **Émile Borel** est désigné pour représenter l'Académie à la Cérémonie commémorative de G. Mittag-Leffler, qui, à l'occasion du *Congrès des Mathématiciens scandinaves*, aura lieu à Stockholm le 18 août.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions continues possédant un ensemble parfait partout discontinu de singularités.* Note de M. **A. C. Mukherji**, présentée par M. Émile Borel.

L'exemple d'une fonction uniforme d'une variable complexe, partout continue, nulle à l'infini, possédant un ensemble parfait partout discontinu

de singularités, fut donné d'abord par M. Pompeiu (1) et M. Denjoy (2). Celui-ci a donné des indications pour former des exemples de fonctions de cette nature et présentant des caractères variés. Ensuite M. Fedoroff (3) a étudié quelques propriétés de ces fonctions dans plusieurs publications. Tout récemment M. Wolibner (4) a publié un Mémoire sur les distributions des valeurs d'une fonction $f(z)$ de cette espèce.

Dans la présente Note je me propose d'étudier la distribution des valeurs singulières d'une telle fonction définie dans un domaine borné.

Ainsi soit Δ un domaine limité par une courbe simple C de Jordan rectifiable et $u = f(z)$ une fonction de la variable complexe z, uniforme dans Δ, holomorphe sur C et dans Δ, sauf sur un ensemble parfait partout discontinu E de singularités, enfin continu sur E.

Quand z décrit C, u décrit une courbe Γ fermée dans le plan de la variable u. Soit D_0 l'ensemble des valeurs de $f(z)$ dans le domaine connexe $\Delta - E$ et D_1 l'ensemble des valeurs de f sur E. Soit A un point quelconque dans le plan de la variable u et $f(z) \neq A$ sur C. Considérons les racines de l'équation $f(z) = A$.

Je définis d'abord l'ordre d'une racine α de $f(z) = A$ si α est sur E et si le point α est isolé parmi les racines de $f(z) = A$ (quand le nombre des racines est fini, chacune est évidemment isolée). Soit $\lambda(\alpha)$ un contour simple parcouru dans le sens direct et n'entourant aucune autre racine de $f(z) = A$. On montre que la variation de $1/2\pi\left[\arg \overline{f(z) - A}\right]_{\lambda(\alpha)}$ est indépendante du contour $\lambda(\alpha)$. Nous appelons cette variation l'ordre $K(\alpha)$ de racine α. Le nombre $K(\alpha)$ est un entier, mais *a priori* il peut être d'un signe quelconque ou même nul.

---

(1) D. Pompeiu, *Sur la continuité des fonctions de variables complexes* (*Annales de l'Université de Toulouse*, 2e série, 7, 1905, p. 265). Voir aussi P. Urysohn, *Fundamenta Mathematicae*, 4, 1923, p. 144.

(2) A. Denjoy, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1154; 149, 1909, p. 258 et 326; 150, 1910, p. 32; *Sur la continuité des fonctions analytiques singulières* (*Bulletin Société mathématique de France*, 60, 1932, p. 27).

(3) W. Fedoroff, *Sur la continuité des fonctions analytiques* (*Recueil Math. de la Société Math. de Moscou*, 22, 1924, p. 115); *Sur la représentation des fonctions analytiques par une série d'intégrales doubles de Lebesgue* (*Bulletin de l'Académie polonaise des sciences et des lettres*, série A : *Sciences mathématiques*, 1927, p. 687) et plusieurs Mémoires parus dans les mêmes journaux.

(4) W. Wolibner, *Sur les ensembles des valeurs des fonctions analytiques* (*Comptes rendus de la Société des Sciences de Varsovie*, 25, 1932, p. 56).

Considérons le cas où le nombre des racines à l'intérieur de C est fini. Soit r le nombre des racines $x_1, x_2, \ldots$ de $f(z) = A$ à l'intérieur à $\Delta - E$, chacune étant comptée avec son degré de multiplicité. Renfermons les points de l'ensemble partout discontinu E dans l'intérieur d'un nombre fini de polygones $C_1, C_2, \ldots, C_n$ disjoints situés dans le domaine de régularité de $f(z)$ et ayant chacun son diamètre inférieur à un nombre positif ε donné d'avance. On peut prendre ce diamètre assez petit pour que les racines x_i soient extérieures à toutes les courbes C_n. Enfin, décrivons des petits cercles $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$ entourant les points $x_1, x_2, \ldots$ et extérieurs aux courbes C_n. Alors on a

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f'(z)}{f(z)-A}\,dz - \sum \frac{1}{2\pi i}\int_{C_n} \frac{f'(z)}{f(z)-A}\,dz - \sum \frac{1}{2\pi i}\int_{\gamma_m} \frac{f'(z)}{f(z)-A}\,dz = 0,$$

chaque contour d'intégration étant parcouru dans le sens direct relativement à sa propre région intérieure.

Si p est le nombre des tours décrit autour du point A par le point $u = f(z)$ parcourant Γ quand z parcourt C, on a $p = \Sigma K(\alpha) + r$. La courbe Γ est en général non simple et elle divise le plan en un certain nombre de régions ρ. Quand A parcourt une même région ρ, p a une valeur entière constante positive, négative ou nulle, mais les valeurs de $\Sigma K(\alpha)$ et de r dépendent du point A, lui-même variant dans ρ.

Je déduis les conclusions suivantes :

1° Dans toute région ρ_0 du complémentaire de Γ où $p = 0$ (en particulier dans la région infinie), chaque valeur prise par la fonction $f(z)$ dans le domaine de régularité $\Delta - E$ est prise aussi sur l'ensemble singulier E. Ou encore, la partie de D_0 située dans $\Sigma\rho_0$ est contenue dans D_1.

2° Généralement tout point A de D_0 pour lequel r diffère de l'entier p caractéristique de la région ρ contenant A, appartient aussi à D_1.

3° Si $p = r$ on a $K(\alpha) = 0$. Alors ou bien les points α n'existent pas et A appartient à D_0, mais non à D_1, ou bien les points α existent, A est dans D_1, mais les ordres $K(\alpha)$ sont soit tous nuls, soit de signes variables.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Méthode générale de statistique applicable à des groupes de particules indiscernables.* Note (¹) de M. **Georges Allard**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous avons étudié (²) une méthode de statistique applicable à un gaz; nous allons généraliser cette méthode au cas d'un mélange de gaz, que ce mélange soit, ou non, le siège d'une réaction chimique.

Soit g_i le nombre de cellules d'extension en phase correspondant à une valeur déterminée des variables dynamiques qui définissent le mouvement. Une molécule contenue dans l'une de ces cellules possède l'énergie E_i si elle est de l'espèce A, E'_i si elle est de l'espèce A', ... Désignons maintenant par $g_i^{(k,k',\dots)}$ le nombre de cellules contenant k molécules de l'espèce A, k' molécules de l'espèce A', ... Nous pourrons définir la probabilité d'une distribution par le nombre de façons dont on peut répartir les g_i cellules en groupes de $g_i^{(k,k',\dots)}$, ce qui donne, pour cette probabilité W :

$$\log W = \sum_i g_i \log g_i - \sum_{i,k,k',\dots} g_i^{(k,k',\dots)} \log g_i^{(k,k',\dots)}.$$

Pour obtenir la répartition la plus probable, il faut écrire que cette expression est maximum en tenant compte de la constance des nombres g_i et de l'énergie totale; de plus, s'il n'y a pas réaction chimique, le nombre de particules de chaque espèce doit être constant; si, au contraire, il y a réaction chimique, la condition est modifiée. Supposons, par exemple, qu'il existe un équilibre entre les espèces A, A' et A'' représenté par l'équation chimique

$$\nu A \rightleftharpoons \nu' A' + \nu'' A'',$$

ν, ν' et ν'' étant des nombres entiers. Soient δN, $\delta N'$, $\delta N''$ les variations des nombres de molécules de chaque espèce. Au lieu d'écrire que ces quantités sont nulles, nous écrirons que l'on a

$$\frac{\delta N}{\nu} = -\frac{\delta N'}{\nu'} = -\frac{\delta N''}{\nu''}.$$

Dans tous les cas on trouve, pour la répartition la plus probable, la loi

(¹) Séance du 6 août 1934.
(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 342.

suivante :

$$g_i^{(k,k',\dots)} = \alpha_i e^{-k(\gamma+\beta E_i)-k'(\gamma'+\beta E'_i)-\dots},$$

les quantités α_i, β, γ, γ', ... étant des constantes qui doivent être déterminées par les équations de condition. Dans le cas où il n'y a pas de réaction chimique, les constantes γ, γ', ... sont indépendantes, alors que, dans le cas de l'équilibre indiqué précédemment, on aurait la relation

$$\nu\gamma - \nu'\gamma' - \nu''\gamma'' = 0.$$

On peut voir facilement que cette relation constitue l'aspect statistique de la loi d'action de masse.

Nous allons examiner quelques cas particuliers de la formule générale obtenue.

1° Supposons que les diverses espèces de molécules soient absolument indépendantes, c'est-à-dire que la présence d'une molécule A dans une cellule n'influe en rien sur la possibilité de présence d'une molécule A′ dans la même cellule; dans ce cas, les sommations par rapport à k, k', ... pourront se faire indépendamment les unes des autres et l'on aura

$$n_i = \frac{g_i \sum_k k e^{-k(\gamma+\beta E_i)}}{\sum_k e^{-k(\gamma+\beta E_i)}}.$$

La loi de répartition de chaque espèce de molécules est identiquement la même que si les autres espèces n'existaient pas; ce résultat est à rapprocher de la loi de Dalton sur le mélange des gaz.

2° Supposons que le principe d'exclusion de Pauli s'applique, non à chaque gaz pris isolément, mais à l'ensemble, c'est-à-dire que la présence d'une molécule A dans une cellule interdit à une molécule A′ d'y être également présente. Dans ce cas, on aurait

$$g_i = \alpha_i [1 + e^{-(\gamma+\beta E_i)} + e^{-(\gamma'+\beta E'_i)} + \dots]$$

et

$$n_i = \alpha_i e^{-(\gamma+\beta E_i)} = \frac{g_i}{e^{\gamma+\beta E_i} + 1 + e^{\gamma-\gamma'+\beta(E_i-E'_i)} + \dots}.$$

Particularisons encore davantage : supposons qu'il n'existe que deux espèces de particules, A et A′, entre lesquelles existe une relation chimique

$$A \rightleftharpoons A',$$

et dont les énergies sont égales. On doit donc écrire

$$\gamma = \gamma', \quad E_i = E'_i.$$

Ce cas correspond au cas du gaz électronique en l'absence de champ magnétique : les deux espèces sont constituées par les électrons à spins opposés. Dans ce cas, la formule précédente devient

$$n_i = \frac{g_i}{e^{\gamma+\beta E_i}+2} = n'_i$$

et le nombre total d'électrons est

$$n_i + n'_i = \frac{2g_i}{e^{\gamma+\beta E_i}+2} = \frac{g_i}{e^{(\gamma-\log 2)+\beta E_i}+1}.$$

La répartition globale est, au fond, une répartition de Fermi dans laquelle le nombre de cellules n'a pas été doublé, alors que, dans le premier exemple examiné, on trouverait aussi une répartition de Fermi, mais avec le nombre de cellules doublé. L'expérience étant en faveur de ce dernier résultat, on peut en conclure que le principe de Pauli s'applique à chaque sorte d'électrons isolément, mais non à l'ensemble.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la vitesse de l'établissement de potentiel.* Note [1] de M. **Jacob J. Bikerman.**

Nous considérons deux électrodes parallèles dont la distance réciproque est d cm et qui plongent dans la solution d'un électrolyte MeX. A un moment quelconque on communique aux électrodes une charge électrique de façon que la densité superficielle de l'électricité soit $+\sigma$ et $-\sigma$. La solution devient le siège de trois phénomènes : 1° d'un déplacement des charges au dedans des molécules qui exige le temps le plus court; 2° d'une orientation des molécules entières (si elles ont les propriétés des dipôles permanents) qui est terminée en 10^{-9} sec environ (pour l'eau); 3° d'une accumulation des anions et d'une dissipation des cathions au voisinage de l'électrode positive avec le phénomène inverse au voisinage de la plaque négative.

Dans certaines conditions ce troisième processus n'a lieu en majeure

(1) Séance du 6 août 1934.

partie qu'après l'achèvement du deuxième, de sorte que le phénomène entier s'écoule en trois phases presque distinctes. A la fin de la deuxième phase, la constante diélectrique de la solution possède déjà sa valeur normale $\mathcal{D}$. La différence de potentiel entre les électrodes Ψ se trouve alors égale à $4\pi\sigma d/\mathcal{D}$. A la fin de la troisième phase on a $\Psi = 2.4\pi\sigma\delta/\mathcal{D}$, δ désignant l'épaisseur de la couche électrique double qui varie de 10^{-5} à 10^{-9} cm selon la concentration de la solution C, la densité superficielle σ, etc. Puisque d est en général une longueur macroscopique, par exemple 1^{cm}, on voit que Ψ se réduit pendant l'établissement de la couche double à une 10^{-5}-ième ou 10^{-9}-ième de la valeur primitive.

J'ai calculé, en me guidant par la théorie de couche diffuse ([1]), la vitesse de cette chute de Ψ pour le cas d'un électrolyte binaire dont les ions sont doués de la même mobilité v. On trouve que, dans ce cas, la concentration à la distance x de l'électrode au moment t a la valeur

$$\left(\frac{\lambda A e^{\alpha x} + 1}{\lambda A e^{\alpha x} - 1}\right)^2,$$

où λ est une fonction de t seul, A est donné par l'équation

$$\sigma = \sqrt{\frac{8\,\mathcal{D}RTC}{\pi}}\,\frac{A}{A^2 - 1} \qquad \text{et} \qquad \alpha = \frac{2\nu F\sqrt{2\pi C}}{\sqrt{\mathcal{D}RT}}$$

(ν = la valence des ions, F = Faraday) ([2]). On trouve de même pour λ l'équation différentielle

$$\frac{1}{\lambda}\frac{d\lambda}{dt} = 4kT\alpha^2 v\left(\frac{\lambda A}{\lambda^2 A^2 - 1} - \frac{A}{A^2 - 1}\right),$$

dont l'intégration fournit

$$ln\lambda\left(\frac{\lambda - 1}{\lambda + \frac{1}{A^2}}\right)^{\frac{A^2-1}{A^2+1}} = -4kT\alpha^2 v\frac{A}{A^2 - 1}t,$$

si l'on convient que $t = 0$ quand le premier membre de la dernière équation est zéro lui aussi.

Donc le temps de relaxation est ici

$$\theta = \frac{1}{4kT\alpha^2 v}\cdot\frac{A^2 - 1}{A},$$

([1]) G. Gouy, *J. de Physique*, 4e série, **9**, 1910, p. 457.

([2]) J'ai discuté déjà les grandeurs A et α ailleurs (voir Bikerman, *Z. physik. Chem.*, **163**, 1933, p. 378).

tandis que le temps de relaxation d'une atmosphère ionique de M. Debye (¹) est $1/kT\alpha^2 v$ (²). En substituant $kT = 0,4.10^{-13}$, $\alpha = 10^6$ et $v = 4,5.10^8$ (pour K˙ et Cl′ dans l'eau), on a $\theta = 1,4.10^{-8}$ $A^2 - 1/A$ sec. Puisque le temps de relaxation des dipôles de l'eau est de l'ordre de 10^{-9} sec, on voit que l'établissement de la couche diffuse ne peut être observé isolément que si $(A^2 - 1)/A$ est environ 0,5 ou plus grand, ce qui fournit pour la limite inférieure de A 1,25 environ. Cette valeur correspond à $\Psi = 2.4\pi\sigma\delta/\varpi = 0,1$ volt environ; c'est aux potentiels plus petits seulement qu'on pourra mesurer la vitesse de l'établissement de la différence de potentiel et constater une *dispersion de la force électromotrice* aux périodes plus courtes que 10^{-8} sec ou 10^{-7} sec. Aux charges plus élevées des électrodes l'accumulation des ions s'accomplit aussi vite ou plus vite que l'orientation des dipôles.

On a envisagé la possibilité que les anomalies de la capacité d'électrode en courant alternatif soient causées par des retards dans la formation de la couche double (³). Les calculs précédents montrent que la lenteur des mouvements ioniques ne peut pas en être responsable, car les anomalies ont déjà lieu dans des conditions insuffisantes pour observer la variabilité de Ψ (les σ trop grands, les périodes trop longues). On doit donc chercher une autre explication; on peut supposer avec M. Thon (et beaucoup d'autres) que ϖ et la viscosité du solvant soient altérées dans la couche de passage électrolyte/électrode ou plutôt attribuer les écarts à des causes secondaires (⁴).

(¹) Voir par exemple H. FALKENHAGEN, *Electrolyte*, Leipzig, 1932, éq. (466).

(²) D'après une publication toute récente de KOMAGATA, *Researches of the electrotechnical laboratory*, Tokyo, n° 362 (February 1934), les deux temps de relaxation seraient identiques.

(³) A. FRUMKIN, *Phys. Zeitschr. d. Sov.-Union*, **4**, 1933, p. 239; N. THON, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2149.

(⁴) Voir S. GLASSTONE et G. D. REYNOLDS, *Trans. Faraday Soc.*, **28**, 1932, p. 582; **29**, 1933, p. 399.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la suppression de certaines bandes du spectre de l'ozone sous l'action du froid.* Note (¹) de Mme **Lucie Lefebvre**, transmise par M. Ch. Fabry.

Nous avons étudié l'action du froid sur le spectre d'absorption ultraviolet de l'ozone. Le dispositif que nous employons nous permet d'obtenir une colonne de 50 à 60cm d'ozone pur (²).

Nous photographions le spectre, le tube étant tout d'abord à la température ordinaire, puis entouré de glace carbonique.

L'action du froid sur le spectre est celle qu'ont décrite Wulf et Melvin (³): le spectre de l'ozone froid est plus contrasté que celui pris à la température ordinaire; on note dans l'ensemble une augmentation des maxima d'absorption et un affaiblissement du fond continu.

Le changement d'aspect du spectre est particulièrement net vers les longueurs d'onde les plus grandes. Toutes les bandes ne se comportent pas de la même manière sous l'action du froid : certaines d'entre elles sont très fortement atténuées; d'autres disparaissent pratiquement.

Ces faits nous ont conduit à classer les bandes par séries. Voici les longueurs d'ondes et les fréquences des séries comprises entre 3300 et 3600 Å :

I.			II.			III.			IV. (Supprimée à froid.)			V.		
λ.	ν.	Δν.	λ.	ν.	Δν.	λ.	ν.	Δν.	λ.	ν.	Δν.	λ.	ν.	Δν.
3567	28027	326	3545	28201	346	3515	28441	353	–	–	–	3439	29070	325
3526	28353	325	3502	28547	321	3472	28794	335	3495	28604	323	3401	29395	323
3486	28678	316	3463	28868	329	3432	29129	318	3456	28927	296	3364	29718	276
3448	28994	–	3424?	29197	–	3395	29447	–	3421	29223	284	3333	29994	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	3388	29507	282	–	–	–
–	–		–	–		–	–		3356	29789		–	–	

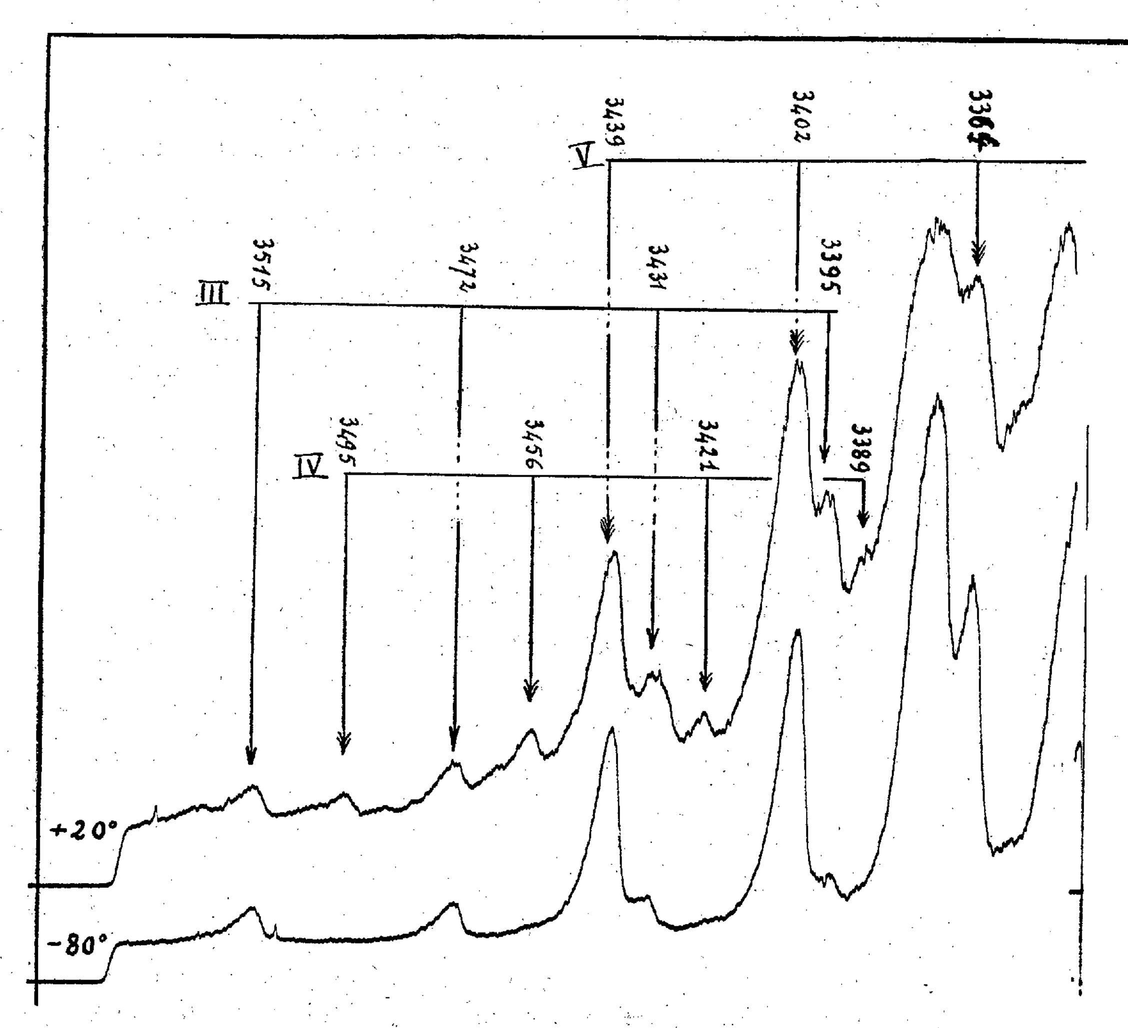
Les séries III et IV ont seules été signalées par Wulff et Melvin. Pour rendre plus apparentes les séries I et II, il serait bon d'étudier le spectre de l'ozone à une température supérieure à la température ordinaire. La série IV, que l'action du froid fait pratiquement disparaître, nous semble

(¹) Séance du 6 août 1934.

(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 444.

(³) *Physical Review*, **38**, 1931, p. 330.

présenter un certain intérêt pour l'interprétation du spectre de l'ozone. En effet, s'il est vraisemblable que les séries qui persistent à froid correspondent à des sauts électroniques à partir d'un état de vibration nulle, il semble



probable que, par contre, les bandes de la série IV correspondent à des sauts électroniques produits à partir d'un état vibratoire non nul. La production de tels sauts nécessite une plus faible mise en liberté d'énergie. On peut donc supposer que la production de quantités plus considérables d'ozone permettrait de mettre en évidence, vers les longueurs d'onde supérieures à 3600 Å, d'autres séries de bandes du même type.

FLUORESCENCE. — *Spectres d'absorption et de fluorescence de quelques hydrocarbures à deux noyaux benzéniques.* Note [1] de M. **Radu Titeica**, transmise par M. Jean Perrin.

Des études faites, surtout par Henri et ses collaborateurs, sur certains composés contenant des noyaux benzéniques, ont montré que les spectres de ces substances laissent apparaître plusieurs périodicités dans les fréquences des bandes. Le spectre d'absorption de la naphtaline, par exemple, étudié tant sur la substance à l'état de vapeur que sur les solutions de cet hydrocarbure, ont pu mettre en évidence deux fréquences de vibration, de l'ordre de $450\text{-}480\,\text{cm}^{-1}$ et $1430\text{-}1450\,\text{cm}^{-1}$. La périodicité de $450\,\text{cm}^{-1}$ a pu être retrouvée sur les spectres de fluorescence de la naphtaline et de quelques dérivés. Nous nous sommes proposé de rechercher si d'autres hydrocarbures à noyaux benzéniques possèdent des spectres où apparaissent ces fréquences de vibration. Dans ce qui suit, nous exposons les résultats obtenus pour les solutions alcooliques de quatre substances : diphényle $C^6H^5 - C^6H^5$; diphénylméthane $C^6H^5 - CH^2 - C^6H^5$; dibenzyle $C^6H^5 - (CH^2)^2 - C^6H^5$ et benzyldiphényle (ou phényldiphénylméthane); $C^6H^5 - CH^2 - C^6H^4 - C^6H^5$, cette dernière molécule contenant les radicaux des deux premières.

L'étude, tant pour l'absorption que pour la fluorescence, a été faite à l'aide d'un spectrographe Hilger E_{31}, donnant environ 65 Å/mm vers 3400 Å et 25 Å/mm vers 2500 Å, le spectre de comparaison étant celui de l'arc au mercure. Dans les spectres de fluorescence dont il sera question plus loin, l'excitation est due à la lumière intégrale de l'arc au mercure. Les résultats des études faites sur les solutions des mêmes hydrocarbures, lorsqu'on varie la longueur d'onde excitatrice (excitation monochromatique), seront exposés ailleurs.

Les bandes d'absorption des solutions sont larges et les maxima apparents sont souvent dus à plusieurs bandes superposées. Il n'est pas étonnant, dès lors, que nous n'ayons pas pu mettre en évidence des périodicités nettes en absorption.

Le diphényle a une absorption continue, une bande large, dont le maximum est situé vers 2425-2450 Å, limitée de façon plus ou moins nette vers 2750-2800 Å. Le diphénylméthane présente une série de bandes

---

[1] Séance du 6 août 1934.

à 2424 Å (41242 cm^{-1}); 2490 (40149); 2540 (39358); 2601 (38435); 2624 (38098); 2696 (37081). Les bandes du dibenzyle se trouvent à 2421 (41293); 2472 (40441); 2526 (39576); 2585 (38673); 2611 (38288); 2648 (37753); 2683 (37261); 3079 (32469); 3210 (31144), certaines se retrouvant dans le spectre du diphénylméthane. Les valeurs obtenues pour le dibenzyle vérifient avec une erreur ne dépassant pas l'erreur expérimentale due à la faible dispersion du spectrographe, la relation $\nu = 41734 - 441n$ cm^{-1} ($n = 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 21, 24$), où l'on voit apparaître la fréquence 441 cm^{-1}. Le benzyldiphényle ne possède qu'une seule bande d'absorption, large, de maximum situé à 2575 Å, limitée vers 2850 Å.

La même périodicité de 400-500 cm^{-1} est plus nettement mise en évidence pour les spectres de fluorescence. Le diphényle présente une fluorescence continue, qui possède des maxima à 3022 Å (33081 cm^{-1}), 3086 (32395), 3250 (30760), 3408 (29334), 3582 (27909), bandes qui vérifient $\nu = 33551,2 - 470,2n$ cm^{-1} ($n = 1, 3, 6, 9, 12$). Le diphénylméthane a une bande large, commençant vers 2770 Å, de maximum vers 2850 Å. L'intensité décroît ensuite et présente des maxima à 3047 (32810), 3252 (30741), 3312 (30185), 3452 (28960), 3503 (28539), 3775 (26483), 3980 (25119), 4217 (23707), 4520 (22188), vérifiant $\nu = 33238 - 427,7n$ cm^{-1} ($n = 1, 6, 7, 10, 11, 15, 18, 22, 26$). Certaines autres bandes coïncident avec les raies excitatrices ($n = 8, 14, 20, 24$) ou ne sont que faiblement marquées. Le dibenzyle ne présente que peu de bandes ressortant sur un fond continu assez intense. Elles sont situées à 3318 (30130), 3468 (28827), 3850 (25967), leurs fréquences vérifiant la relation $\nu = 30546,3 - 416,3n$ cm^{-1} ($n = 1, 4, 11$). Enfin, le benzyldiphényle ne présente qu'une bande large, ayant des maxima peu marqués à 3300 (30294), 3438 (29078) et 3790 (26378).

Ce dernier composé excepté, l'étude des spectres de ces hydrocarbures permet quelques conclusions : leurs spectres de fluorescence et parfois d'absorption présentent la périodicité de 400-500 cm^{-1}, déjà rencontrée pour d'autres substances. Cette fréquence décroît lorsque la molécule devient plus compliquée. Le spectre de fluorescence lui-même se déplace vers le visible quand la molécule devient plus lourde.

La fréquence de 1450 cm^{-1} peut aussi se rencontrer parfois dans les spectres cités. Nous nous demandons, pourtant, si entre ces deux fréquences il n'existe pas une relation, leurs valeurs étant du simple au triple. Il faut remarquer que, tandis que 1450 cm^{-1} est une fréquence de vibration cou-

ramment observée dans l'effet Raman et dans l'infrarouge, la valeur 450 n'a jamais été mise en évidence dans ces phénomènes. Il se pourrait que toutes les bandes de fluorescence observées soient à classer en trois séries, distantes de 1400-1500 cm^{-1}, les bandes dans ces séries ayant entre elles les mêmes intervalles. Les quelques corps étudiés plus haut et la faible dispersion employée ne permettent pas de résoudre définitivement la question.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Influence de la viscosité sur la décroissance du pouvoir fluorescent des solutions de certaines matières colorantes en fonction de la concentration.* Note [1] de M. **Jean Bouchard**, transmise par M. J. Perrin.

En faisant varier par addition de divers alcools, d'acétone, de pyridine, etc., le pouvoir inducteur spécifique ε d'une solution de matière colorante, sans modifier sensiblement la viscosité, nous avons montré antérieurement que le coefficient k de la formule

$$\Phi = \Phi_0 \, e^{-kc} \tag{1}$$

donnant la variation du pouvoir fluorescent Φ, rapporté à l'unité de masse, de la solution en fonction de la concentration c de celle-ci en matière colorante, s'exprime par une relation de la forme

$$k = \frac{1}{A - B\varepsilon} \tag{2}$$

ou, en appelant k_0 le coefficient relatif aux solutions aqueuses et ε_0 le pouvoir inducteur spécifique de l'eau,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_0} - B(\varepsilon - \varepsilon_0). \tag{3}$$

Poursuivant ces recherches, nous nous sommes proposé d'étudier l'influence qu'exerce, sur la variation du coefficient k, la viscosité du solvant.

Francis Perrin a indiqué que le coefficient k doit dépendre du coefficient de diffusion des molécules dissoutes et, par suite, de la viscosité [2].

---

[1] Séance du 6 août 1934.

[2] Francis Perrin, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2254.

Il a effectivement constaté que des solutions de bleu fluorescent et d'éosine dans du glucose vitreux fournissaient des coefficients k, respectivement 2,1 et 1,8 fois plus petits que pour les solutions liquides.

Nous avons opéré sur des solutions aqueuses de diverses matières colorantes dont nous faisions croître la viscosité par addition de glycérine. Pour chaque mélange d'eau et de glycérine utilisé comme solvant, nous avons déterminé, au moyen du fluoromètre de Francis Perrin, le pouvoir fluorescent Φ pour diverses concentrations c de la matière colorante. En représentant graphiquement la variation de $\log\Phi$ en fonction de c, on obtient une droite dont le coefficient angulaire est égal à k et dont l'ordonnée à l'origine est Φ_0.

Nous avons ainsi constaté que le pouvoir fluorescent limite Φ_0 garde une valeur sensiblement constante lorsque la viscosité éprouve des variations considérables (de l'ordre de 1 à 1000). Nos recherches antérieures nous avaient également montré que le coefficient Φ_0 ne dépendait pas du pouvoir inducteur spécifique. Le coefficient k au contraire varie notablement, mais, dans l'interprétation des résultats obtenus, il faut tenir compte de la variation de ce coefficient qui résulte de l'abaissement du pouvoir inducteur spécifique produit par l'accroissement de la teneur du solvant en glycérine. A partir de la formule (3) on peut, des valeurs expérimentales de k, déduire les valeurs k' qui auraient été obtenues si le pouvoir inducteur spécifique du solvant avait conservé la valeur relative à l'eau.

Le tableau ci-après résume les résultats des mesures faites à la température de 15° sur l'uranine en solution décimale de soude. Il donne, pour diverses teneurs ρ des solutions en glycérine (exprimée en volume de glycérine par centimètre cube de solution) :

1° la viscosité η de la solution en unités C. G. S.;

2° le pouvoir inducteur spécifique ε du solvant mesuré à la fréquence de 10^6 p/sec;

3° le coefficient k déduit directement des mesures expérimentales de Φ, la concentration d'uranine étant exprimée en grammes de fluorescéine acide par centimètre cube de solution;

4° la valeur k' de ce coefficient ramenée à une valeur de la constante diélectrique du solvant égale à celle de l'eau, soit

$$(4) \qquad k' = k + \left[k_0 - \frac{k_0}{1 - Bk_0(\varepsilon - \varepsilon_0)}\right].$$

p.	η.	ε.	k.	k'.
0,00	0,010	81,1	0,488.10³	0,488.10³
0,25	0,035	73,3	0,360 »	0,488 »
0,50	0,115	64,5	0,225 »	0,488 »
0,75	0,516	58,4	0,137 »	0,466 »
0,90	4,017	55,4	0,102 »	0,427 »
1,00	16,515	54,5	0,090 »	0,396 »

Les valeurs du coefficient k' diminuent à mesure que croît la viscosité et semblent tendre vers une limite.

En augmentant la viscosité du solvant par addition de saccharose ou de glucose, on obtient, à égalité de viscosité, des valeurs de k' identiques, aux erreurs d'expérience près, à celles obtenues dans le cas de la glycérine.

Par des observations directes sur la diffusion des molécules de matière colorante, nous avons reconnu que la courbe traduisant la variation de la vitesse de diffusion en fonction de la viscosité du solvant a la même allure que celle qui représente la variation du coefficient k' en fonction de cette viscosité. Ce résultat s'accorde avec l'hypothèse rattachant la décroissance du rendement lumineux des solutions fluorescentes, en fonction de leur concentration, à la vitesse de diffusion.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Oxydation du soufre organique appliquée à son dosage.* Note de MM. **Camille Lefèvre** et **Maurice Rangier**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans le but d'établir un procédé de dosage du soufre organique, à l'état de SO^4Ba, par une technique simple, évitant l'emploi de tubes scellés, nous avons été amenés à étudier, d'une façon systématique, l'oxydation du soufre sur toute une série de composés appartenant à des fonctions chimiques diverses.

L'action des oxydants, directs ou indirects, à chaud ou à froid, tels que: acide nitrique, eau régale, acide nitrique et perhydrol, acides nitrique et perchlorique, hypobromite de sodium, eau de chlore, eau de brome, permanganate de potassium en milieu acide ou alcalin, bichromate de potassium en milieu chlorhydrique ou phosphorique, a été étudiée sur les produits suivants : thiophène, sulfo-urée, thiosinnamine, sulfocyanate d'ammonium, mercaptans, éthers sulfures, cystine, glutathion, thiazines, thiazols, bisulfures, sulfones alcooylées et arylées, acides sulfoniques, taurine, saccharine.

Il résulte de nos expériences que les composés qui renferment des grou-

pements thionyle SO ou sulfuryle SO^2 (à l'exception des éthers-sulfates aisément saponifiables), dont le soufre est uni directement à l'oxygène, se comportent, en présence des oxydants, d'une façon toute différente de celle des composés du soufre non uni à l'oxygène.

Le groupement sulfuryle SO^2 confère à la molécule une résistance variable à l'oxydation, et si l'on compare entre eux les corps qui le contiennent, on constate les faits suivants :

Dans le groupe des sulfones alcooylées (sulfonal, trional, tétronal), ou arylées (diphénylsulfone, dioxyphénylsulfone, amino-phényl-sulfone), l'attaque par voie humide et très faible.

Dans le groupe des acides sulfoniques $R - SO^2 - OH$, la résistance à l'oxydation augmente avec la présence, dans la molécule, de groupements aminés NH^2 plus ou moins voisins du sulfuryle SO^2. C'est ainsi que l'acide *o*-oxybenzène-sulfonique est légèrement oxydé à froid par l'eau régale, tandis que l'acide *p*-aminobenzène-sulfonique et la taurine sont presque inattaqués.

Tous les autres produits que nous avons étudiés et qui ne renferment pas, dans leur molécule, les groupements thionyle ou sulfuryle sont facilement oxydés, quelquefois même à froid. La transformation du soufre en SO^4H^2 est totale avec certains réactifs.

La conclusion pratique de cet ensemble de faits est la suivante :

On pourra doser, par voie humide, le soufre organique, s'il n'est pas uni directement à l'oxygène.

La méthode qui nous a donné les meilleurs résultats est basée sur l'oxydation par le permanganate alcalin (¹), en opérant à l'ébullition, pendant une heure environ, avec un appareil à reflux.

Dans les autres cas, pour éviter les pertes inévitables dues à la calcination à l'air libre, en présence de mélanges oxydants alcalins, nous conseillons de brûler la substance dans un courant d'oxygène sec. On fait passer les vapeurs sur une toile de platine rhodié à 10 pour 100, chauffée au rouge vif (²); elles sont ensuite recueillies dans quelques centimètres cubes d'une solution d'hypobromite de sodium.

(¹) Messinger a dosé le soufre avec le permanganate de potassium (*Berichte d. chem. Gesellsch.*, **21**, 1888, p. 2914).

(²) L'action catalytique du platine a été utilisée en analyse élémentaire par BRUGELMANN, *Zeitsch. f. anal. Chem.*, **15**, 1876, p. 1; WEIDEL et VON SCHMIDT, *Berichte d. chem. Gesellsch.*, **10**, 1877, p. 1131; ZULKOWSKY et LEPEZ, *Monatsh. f. Chem.*, **5**, 1885, p. 537; DENNSTEDT, *Anl. z. Vereinf. El. Anal.*, Hambourg, 1906.

Cette solution, réunie aux eaux de lavage de la partie antérieure du tube, est acidulée par HCl et, après une légère ébullition pour chasser le brome, on précipite SO^4H^2 par une solution de chlorure de baryum.

ÉCOLOGIE AGRICOLE. — *Le climat et les besoins physiques de la plante. Moyen de les comparer.* Note [1] de M. **Louis Montlaur**, présentée par M. Ch. Maurain.

L'écologie agricole se propose l'étude de la réaction des plantes aux facteurs du milieu, en vue de déterminer les possibilités agricoles d'une région. L'adaptation des cultures au milieu climatique, réalisée autrefois par la sélection naturelle, créatrice de variétés locales, exige aujourd'hui l'étude expérimentale des besoins climatiques des nombreuses formes nouvelles obtenues par la génétique.

Pour aborder cette étude, il est nécessaire : 1° de déterminer pour chaque type végétal défini (lignée pure) les valeurs que doivent prendre les divers facteurs climatiques pour un développement optimum de la plante. La courbe tracée avec ces valeurs pour deux facteurs, pluie et température, ou tout autre groupe de deux facteurs climatiques, sera appelée courbe des *normes écologiques;* 2° d'établir, à l'aide des données météorologiques, les valeurs moyennes des facteurs climatiques et de tracer à l'aide de ces moyennes le *climogramme*, courbe représentant pour les deux mêmes facteurs le climat de la région; 3° de rapprocher, en vue de les comparer, les deux courbes ainsi tracées et d'y joindre un tableau du pourcentage d'années pour lesquelles les valeurs des facteurs climatiques n'ont pas varié de plus de 25 pour 100 (en plus ou en moins) par rapport aux normes écologiques, ainsi que celui du pourcentage d'années déficitaires et excédentaires. L'ensemble des deux courbes et du tableau constitue l'*écogramme* pour le type végétal dans la région considérée.

La présente Note a pour but d'exposer les méthodes mises en œuvre pour les deux facteurs les plus importants au point de vue physiologique, pluie et température. Les autres groupes seront envisagés ailleurs.

1° *Normes écologiques.* — La vitesse de croissance et le rendement d'une plante dépendent, entre autres, de la température du milieu et de la quantité d'eau mise à sa disposition par les pluies (totalisation des précipitations pendant la végétation).

---

(1) Séance du 9 juillet 1934.

Il existe une combinaison de ces deux facteurs pour laquelle la vitesse de croissance et le rendement sont maxima.

Des semis échelonnés, de 10 en 10 jours, d'une lignée pure de Blé, par exemple, en décalant les périodes de végétation par rapport aux facteurs climatiques, permettent d'établir une série de courbes logarithmiques de croissance (*fig.* 1).

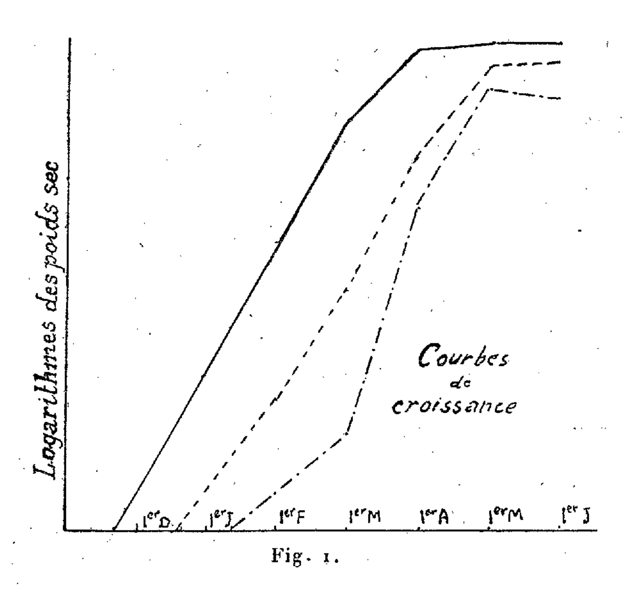


Fig. 1.

L'ordonnée maximum des courbes (rendement) et leur coefficient angulaire (vitesse de croissance) permettent de reconnaître les conditions optima de développement et d'en déduire, après plusieurs années d'observations, les valeurs des facteurs physiques correspondants.

La courbe construite (*fig.* 2, courbe *a*) en portant chacun des deux groupes de valeurs, déduites des courbes logarithmiques, sur les deux axes de coordonnées constitue la courbe des normes écologiques.

2° *Climogramme.* — Avec des données météorologiques, on construit de la même façon et pour les deux mêmes facteurs le climogramme de la région (*fig.* 2, courbe *b*, *c*, *d*).

3° *Écogramme.* — En rapprochant le climogramme de l'année agricole en cours et la courbe des normes écologiques, on peut relever les accidents végétatifs et prévoir le rendement et la valeur industrielle de la récolte; par exemple, toute somme de pluie inférieure à 30^{mm} pendant le mois précédant les semailles rend la levée difficile, toute température moyenne supérieure à 22° durant la première quinzaine de mai provoque l'échaudage.

Le climogramme (moyennes météorologiques de dix ans ou plus), la

courbe des normes écologiques et le tableau du pourcentage d'années normales donnent les possibilités agronomiques d'une région : ainsi une température trop élevée en juin incite le généticiste à rechercher des variétés plus précoces.

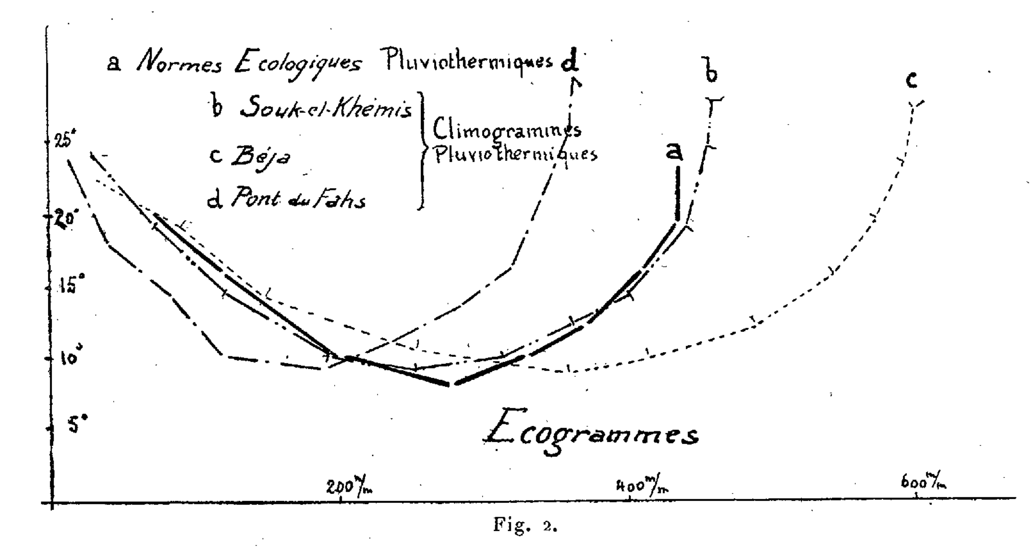


Fig. 2.

En résumé, la connaissance des besoins d'un type végétal défini et stable d'une part et de la valeur des facteurs du climat d'autre part permet, par la comparaison des courbes représentatives, limitées aux facteurs pris deux à deux, de prévoir l'économie d'une région, les variétés à y introduire ou les modifications à faire subir à celles déjà existantes. On voit par là tout l'intérêt que comporterait l'introduction de ces connaissances dans un programme d'économie orientée.

PHYSIOLOGIE. — *Variations observées à la suite d'injections sous-cutanées de lécithine colloïdale chez le cobaye, dans la radiorésistance de ses hématies* in vitro. Note de MM. **B.-S. Levin** et **C. Piffault**, présentée par M. Achard.

Ayant montré qu'un milieu de culture contenant de la lécithine augmentait la radiorésistance des Protozoaires ([1]), nous avons cherché quel serait le comportement des hématies de mammifères après injections sous-cutanées de lécithine colloïdale.

([1]) B.-S. Levin et G. Piffault, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2024.

Taux de lyse (en pour 100).

	Durées d'irradiation (en minutes).						
	10.	20.	30.	40.	50.	90.	120.
Cobaye 31.							
Avant l'injection de 3^{cm^3}.......	17	43	100	–	–	–	–
1 heure après l'injection......	–	–	–	70	81	100	–
1 jour après l'injection........	–	–	–	–	–	17	26
3 »	–	98	–	–	–	–	–
4 »	–	40	100	–	–	–	–
Réinjection de 3^{cm^3} :							
1 heure après l'injection......	–	100	–	–	–	–	–
2 jours après l'injection........	100	–	–	–	–	–	–
4 »	–	50	65	100	–	–	–
5 »	–	20	80	98	–	–	–
6 »	26	54	100	–	–	–	–
Cobaye 32.							
Avant l'injection de 1^{cm^3},5.....	–	–	100	–	–	–	–
1 jour après l'injection........	–	10	–	–	–	–	17
2 »	–	11	–	–	–	–	17
3 »	–	–	–	–	–	–	15
5 »	–	–	–	–	–	–	25
6 »	–	–	–	–	–	25	27
7 »	–	15	36	60	65	70	72
8 »	–	12	27	–	–	68	75
9 »	–	18	69	100	–	–	–
Cobaye 33.							
Avant l'injection de 0^{cm^3},75....	–	35	100	–	–	–	–
20 heures après l'injection.....	–	20	75	90	100	–	–
26 »	100	–	–	–	–	–	–
3 jours après l'injection........	70	100	–	–	–	–	–
5 »	50	68	70	70	–	100	–
6 »	45	100	–	–	–	–	–
7 »	60	100	–	–	–	–	–
Cobaye 34.							
Avant l'injection de 0^{cm^3},4.....	–	73	100	–	–	–	–
2 heures après l'injection......	13	100	–	–	–	–	–
2 jours après l'injection........	24	100	–	–	–	–	–
4 »	15	41	80	100	–	–	–
5 »	16	–	98	–	–	–	–
6 »	–	70	100	–	–	–	–

La lécithine employée était une ovo-lécithine, préparée récemment à l'abri de l'air et contenant 10 pour 100 de produit sec, 8 pour 100 de glycérine et 82 pour 100 d'eau physiologique.

L'appareil radigène permettait l'application de fortes doses rœntgéniennes tout en évitant l'échauffement de la préparation, qui était placée à 28^{mm} de l'anticathode en chrome. Le régime de travail était de 20 mA sous 16500 volts.

Le sang défibriné et dilué au $1/200^e$ était placé dans un hématimètre de Thoma fermé par une lamelle de 100^{μ}; il recevait le rayonnement à travers une fenêtre de 7^{mm} de diamètre, obturée par une feuille d'aluminium de 15^{μ}. Afin d'éviter les vibrations dues au fonctionnement de la pompe moléculaire, la cellule hématimétrique était portée par un statif isolé mécaniquement (1).

Sur 20 cobayes mâles témoins observés, pesant en moyenne 400^g, nous avons trouvé que le temps de pose nécessaire pour obtenir la lyse complète n'était jamais inférieur à 21 minutes et jamais supérieur à 30 minutes, avec une moyenne de 25 minutes. Au contraire, chez de nombreux cobayes injectés avec des doses décroissantes de 3^{cm^3} à $0^{cm^3},025$ de la solution de lécithine colloïdale, l'irradiation la plus courte amenant la lyse était de 9 minutes et la plus longue dépassait nettement 2 heures; en particulier, 3 jours après une injection de $1^{cm^3},5$, les hématies du cobaye 32, ne présentaient, le lendemain d'une irradiation de 2 heures, aucune lyse supplémentaire. Les doses inférieures à $0^{cm^3},2$ se sont montrées sans action notable.

Nous résumons dans un tableau les résultats principaux d'une série d'expériences. Une étude graphique des divers cas observés nous conduit à penser que l'allure de la courbe des doses donnant l'hémolyse totale, après une première injection ayant une action décelable dans nos conditions de travail, est sous la dépendance de deux facteurs : l'un fournissant une augmentation de la radiorésistance, à maximum vers la fin du quatrième jour et souvent précédée d'une période de sensibilisation; l'autre, accroissant la radiorésistance dès les premiers instants, et dont l'intensité et la durée sont fonctions de l'importance globale de l'injection.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 1324.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 AOUT 1934.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une équation indéterminée d'ordre quelconque.* Note de M. **Maurice d'Ocagne.**

Une Note que j'ai fait paraître, il y a cinquante ans, dans les *Comptes rendus* (99, 1884, p. 1112), sur un sujet dont j'ai, depuis longtemps, cessé de m'occuper, vient de repasser par hasard sous mes yeux. Il m'a semblé que le résultat pouvait en être amené à une forme plus satisfaisante, joignant à l'avantage d'une plus grande simplicité celui de faire apparaître immédiatement une remarque nouvelle.

Le polynome Ω_n en u et v, entier et de degré n, est défini par

$$(1)\quad \Omega_n = (2u)^n + \frac{n-1}{1}(2u)^{n-2}v + \frac{(n-2)(n-3)}{1.2}(2u)^{n-4}v^2 + \ldots + \frac{(n-p)(n-p-1)\ldots(n-2p+1)}{1.2\ldots p}(2u)^{n-2p}v^p + \ldots,$$

le second membre, si q et r (0 ou 1) sont le quotient et le reste de $n/2$, s'arrêtant au terme en $(2u)^r v^q$.

On a, par exemple,

$$\Omega_1 = 2u, \qquad \Omega_2 = 4u^2 + v, \qquad \Omega_3 = 8u^3 + 4uv,$$
$$\Omega_4 = 15u^4 + 12u^2v + v^2, \qquad \Omega_5 = 32u^5 + 32u^3v + 6uv^2, \qquad \ldots$$

Si, u et v étant des entiers quelconques, positifs ou négatifs, on pose

$$(2)\qquad x = u\Omega_{n-1} + v\Omega_{n-2}, \qquad y = \Omega_{n-1}, \qquad z = -v, \qquad k = u^2 + v,$$

ces nombres satisfont à l'équation

$$(3)\qquad z^n = x^2 - ky^2.$$

Tel est, sous une forme simplifiée, le résultat que j'avais obtenu.

Lorsque k est donné, il suffit, en choisissant arbitrairement la valeur de u, de prendre $v = k - u^2$, pour avoir, par les formules ci-dessus, une solution de l'équation (3) en nombres entiers. Peu importe, d'ailleurs, le signe des valeurs obtenues pour x et y, puisque ces variables n'entrent qu'au carré dans l'équation, et, par suite, qu'il n'y a lieu de retenir que leurs valeurs absolues.

Si l'on prend $v = -(u^2 + t^2)$, t étant aussi un entier, auquel cas $z = u^2 + t^2$ et $k = -t^2$, on a

$$(u^2 + t^2)^n = x^2 + t^2 y^2.$$

On voit ainsi que *toute puissance entière d'une somme de deux carrés entiers est aussi une somme de deux carrés entiers*.

En particulier, pour $u = 3$ et $t = 1$, on voit que *toutes les puissances de* 10 *sont des sommes de deux carrés*.

RADIOTÉLÉGRAPHIE. — *Sur la réflexion des ondes radiotélégraphiques dans la haute atmosphère*. Note [1] de MM. **Camille Gutton, Jean Galle** et **Henri Joigny**.

Lorsqu'on inscrit à l'oscillographe l'arrivée de signaux radiotélégraphiques brefs émis par une antenne peu éloignée, on constate un dédoublement du signal. Le temps qui s'écoule entre les arrivées des deux composantes est de l'ordre du millième de seconde. Il est d'autant plus court que la longueur d'onde sur laquelle est émis le signal est plus longue. On le trouve plus grand la nuit que le jour.

Ces échos s'expliquent par une réflexion dans la haute atmosphère. On observe fréquemment des échos doubles ou même triples qui peuvent être dus à des réflexions multiples dans l'atmosphère et sur le sol.

La hauteur apparente de la couche réfléchissante, déduite de l'intervalle de temps qui s'écoule entre la réception du signal direct et de l'écho, depasse 100^{km}, de sorte que lors d'essais entre deux stations distantes de

---

[1] Séance du 9 juillet 1934.

quelques kilomètres, la réflexion dans la haute atmosphère se fait sous une incidence presque normale.

La théorie de Eccles-Larmor permet de prévoir que, pour les ondes radiotélégraphiques, l'indice de réfraction de l'atmosphère ionisée décroît avec l'altitude et il est souvent admis que les réflexions observées se produisent à la hauteur pour laquelle l'indice devient nul.

Des expériences de laboratoire de H. Gutton (¹) ont montré qu'au moins lorsque le volume du gaz est limité, il se produit, pour une période d'oscillation d'autant plus courte que l'ionisation est plus intense, un phénomène de résonance qui entraîne une inversion de phase des oscillations électroniques et un brusque changement de l'indice. Si de tels phénomènes se produisent dans la haute atmosphère, la réflexion sur la couche en résonance présenterait de grandes analogies avec la réflexion optique des radiations qui correspondent à une bande d'absorption du milieu réfléchissant.

L'existence d'un phénomène de résonance suppose toutefois que la durée du signal comprend un grand nombre de périodes des oscillations de l'antenne.

Lors des nombreuses expériences faites jusqu'ici, on a utilisé des signaux de stations à ondes entretenues et cette condition était satisfaite.

Nous nous sommes proposé de rechercher si l'on obtient encore des échos lorsqu'on produit le signal par une étincelle à oscillations très amorties.

Nous avons d'abord fait des enregistrements de signaux brefs, de durée inférieure au dix-millième de seconde d'un émetteur à ondes entretenues.

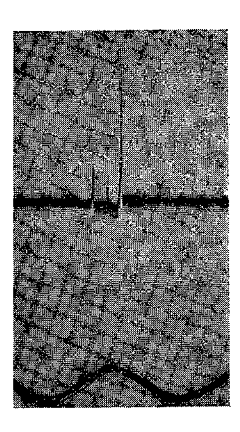
La longueur d'onde au cours des diverses séries d'essais était comprise entre 75 et 82^{m}. L'antenne d'émission était un doublet horizontal installé aux Invalides, dans la cour du Laboratoire national de Radioélectricité. L'antenne de réception, les appareils récepteurs et l'oscillographe Blondel servant à l'enregistrement des signaux étaient rue de Staël, au Laboratoire Central d'Électricité. Comme les nombreux expérimentateurs qui ont fait les mêmes essais, nous avons obtenu des échos simples ou doubles. L'amplitude de la déviation de l'oscillographe correspondant aux échos était le plus souvent le quart ou le cinquième de celle qui correspondait au signal direct.

Nous avons ensuite répété les mêmes expériences en utilisant à l'émission un oscillateur à étincelles très amorties. Avec un transformateur de

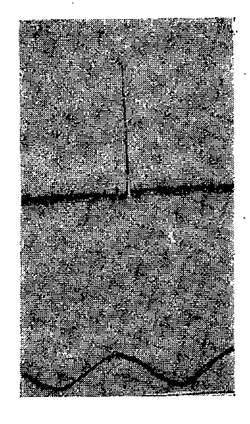
(¹) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 441 et 676; 188, 1929, p. 156 et 385.

Tesla, on provoquait une étincelle dans l'huile entre les pôles d'un éclateur intercalé au milieu du doublet servant d'antenne. A la réception, l'oscillographe nous donnait pour le signal direct une amplitude de déviation à peu près égale à celle que l'on obtenait dans le cas des ondes entretenues, mais les échos étaient très faibles et souvent même peu visibles.

La figure représente des inscriptions obtenues le 18 mai 1934 pour les ondes entretenues à 22^h30^m, pour les ondes amorties à 22^h45^m. La courbe sinueuse est l'inscription, destinée à la mesure du temps, d'un courant à 50 périodes par seconde. De faibles parasites inévitables d'origine atmosphérique ou industrielle sont inscrits à côté du signal et de ses échos, qui sont ici doubles. On les distingue facilement de ces derniers sur les



Ondes entretenues.



Ondes amorties.

bandes portant l'inscription de plusieurs signaux consécutifs, car ils ne se placent pas de la même manière par rapport aux différents signaux.

Nous nous sommes assurés qu'à l'émission les signaux étaient simples et que leur dédoublement ne provenait pas d'un fonctionnement défectueux du récepteur.

La plus grosse difficulté de ces expériences provient de la gêne qui résulte, à toute heure et sur toute longueur d'onde, des nombreuses transmissions radiotélégraphiques qui brouillent les signaux et obligent à répéter longuement les essais pour arriver à trouver de courts intervalles de temps favorables.

Le résultat obtenu est d'accord avec l'idée qui a suggéré ces expériences, l'existence de résonances qui provoquent la réflexion. Mais il faut tenir compte aussi du fait qu'un gaz ionisé est, pour les ondes radiotélégra-

phiques, un milieu très dispersif et qu'un train d'ondes très amorties émis par une étincelle peut, lors de sa propagation dans ce milieu, être assez déformé et assez étalé pour que sa réception devienne moins nette.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Spedizione italiana De Filippi *nell' Himàlaia, Caracorùm e Turchestàn cinese* (1913-1914). Serie II : Giotto Dainelli, Vol. I, *La esplorazione della regione fra l'Himàlaja occidentale e il Caracorùm;* Vol. II, *La serie dei Terreni;* M. Gortani, G. Merla, Vol. V, *Fossili del Paleozoico.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouveaux résultats relatifs aux intégrales principales d'ordre quelconque.* Note de M. **Georges Giraud**.

Plaçons-nous dans l'espace à m dimensions ($m \geqq 3$), où nous désignons par X le point ($x_1, \ldots, x_m$). Soit $f(\mathrm{X})$ une fonction donnée, continue en tout point de $x_m = 0$, et dont le produit par $\mathrm{L}^2(\mathrm{O}, \mathrm{X})$ (L = distance) est borné (hypothèse qui pourrait être élargie). Considérons le problème de trouver une fonction U(X), harmonique dans la région $x_m > 0$, nulle à l'infini, et qui, aux points de $x_m = 0$, reste continue et admet, suivant la direction dont les cosinus directeurs sont $\sin \mathrm{V}, 0, \ldots, 0, -\cos \mathrm{V}$ ($0 \leqq \mathrm{V} < \pi/2$), une dérivée égale à $f(\mathrm{X}) \cos \mathrm{V}$. Ce problème se résout très facilement en remarquant que, si l'on pose

$$x_1 = y_1 \cos \mathrm{V} - y_m \sin \mathrm{V}, \qquad x_m = y_1 \sin \mathrm{V} + y_m \cos \mathrm{V},$$

la fonction harmonique $\sin \mathrm{V}\, \partial \mathrm{U}/\partial x_1 - \cos \mathrm{V}\, \partial \mathrm{U}/\partial x_m$ est égale à $-\partial \mathrm{U}/\partial y_m$. On trouve ainsi, en désignant par $d\mathrm{S}$ la mesure d'un élément du champ,

$$\mathrm{U}(\mathrm{X}) = \int_{a_m=0}^{(m-1)} \mathrm{F}(\mathrm{X}, \mathrm{A}) f(\mathrm{A})\, d\mathrm{S}_\mathrm{A} \tag{1}$$

avec

$$2\pi^{\frac{m}{2}} \mathrm{F}(\mathrm{X}, \mathrm{A}) = \Gamma\left(\frac{m-2}{2}\right) \left[\frac{\cos^2 \mathrm{V}}{\mathrm{L}^{m-2}(\mathrm{X}, \mathrm{A})} - (m-2) \sin \mathrm{V} \cos \mathrm{V} \int_{+\infty}^{y_m} \frac{(y_1 - a_1 \cos \mathrm{V})\, dy_m}{\mathrm{L}^m(\mathrm{X}, \mathrm{A})}\right].$$

D'après des recherches dont quelques résultats ont déjà été annoncés [1], si l'on désigne par Ξ un point de la région $x_m > 0$, la fonction $F(X, \Xi)$, harmonique dans cette région sauf en Ξ, nulle à l'infini, ayant sur $x_m = 0$ une dérivée nulle suivant la direction donnée, et telle que la différence

$$4\pi^{\frac{m}{2}} F(X, \Xi) - \Gamma\left(\frac{m-2}{2}\right) L^{2-m}(X, \Xi)$$

reste bornée quand X tend vers Ξ, tend vers la fonction $F(X, A)$ de la relation (1) quand Ξ tend vers $A(a_m = 0)$.

C'est M. Bouligand qui a attiré l'attention de l'auteur sur ce problème, et qui a même formé (tout au moins pour $m = 3$) la fonction $F(X, \Xi)$, en observant que cela pouvait donner une première idée sur l'allure des fonctions de Green relatives à des problèmes plus généraux [2]; cette observation est tout à fait fondée, et elle a des conséquences remarquables. La fonction $F(X, A)$ est positivement homogène et d'ordre $2 - m$ par rapport aux différences $x_\alpha - a_\alpha$ ($\alpha = 1, 2, \ldots, m$). Posons

$$x_m - a_m = L(X, A)\cos\psi, \qquad x_1 - a_1 = -L(X, A)\sin\psi\cos\varphi \qquad (0 \leqq \psi \leqq \pi,\ 0 \leqq \varphi \leqq \pi)$$

et écrivons

$$F(X, A) = \Gamma\left(\frac{m-2}{2}\right)\frac{L^{2-m}(X, A)}{2\pi^{m/2}}\,\frac{1 + (m-2)\mu u(\psi, \varphi)}{1 + \mu^2\Phi(\mu)} \qquad [\mu = \operatorname{tang} V,\ u(0, \varphi) = 0];$$

d'après des résultats déjà acquis pour les fonctions de Green dont il s'agit, les fonctions $\Phi(\mu)$ et $u(\psi, \varphi)$ sont celles qui ont été désignées ailleurs de la même façon, à propos d'équations où figurent les *valeurs principales* de certaines intégrales d'ordre $m - 1$ [3]; on a là un moyen d'obtenir Φ et u, qui se trouvent exprimés à l'aide des fonctions élémentaires [4]. De plus, il est possible de démontrer directement que ces fonctions jouissent des pro-

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 885 à 887.

(2) Note citée ci-dessus.

(3) *Société mathématique*, *Comptes rendus des séances de l'année* 1933, p. 45 à 51. La fonction $(\partial u/\partial\psi)_{\psi=\pi/2} = \omega(\varphi)$ sert à former le *noyau résolvant*.

(4) Avant l'emploi de ce moyen, suggéré par l'observation de M. Bouligand, la fonction ω n'était connue que par un développement en série, sauf pour les intégrales doubles et quadruples. M. Francesco Tricomi (*Mathematische Zeitschrift*, **27**, 1927, p. 87 à 133) a trouvé la fonction ω pour les intégrales doubles du type en question. Voir aussi *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 454 à 456, où la notation n'est pas la même qu'ici, et où il faudrait rétablir un facteur $A(X)$ devant l'expression de ω, page 455.

priétés utilisées dans la théorie de ces équations à intégrales principales, et l'on a là un moyen rapide de reconstituer cette théorie.

Le lemme suivant conduit à une propriété d'une classe très étendue d'intégrales principales :

Soit $G(x_1, \ldots, x_m)$ *une fonction positivement homogène et d'ordre* $-m(m \geqq 2)$, *continue quand les variables ne sont pas simultanément nulles, et telle qu'on ait* $\int_C^{(m-1)} G\,dS = 0$, C *étant la variété* $L(O, X) = 1$, *dont l'élément est* dS. *Il existe alors une fonction* $F(x_1, \ldots, x_m)$, *positivement homogène et d'ordre* $2-m$, *telle qu'on ait* $\Delta F = G$ ($\Delta =$ laplacien) (¹).

La démonstration se ramène à la recherche d'une fonction d'un point de C, connaissant son invariant de Beltrami, du second ordre, problème résolu depuis longtemps, d'une façon plus générale, par M. Picard (²); on peut ajouter à F le produit de $L^{2-m}(O, X)$ par une constante arbitraire.

Si alors H *est une autre fonction remplissant les mêmes hypothèses que* G *et si ces deux fonctions remplissent sur* C *une condition de Hölder, l'intégrale principale*

$$\int_{\text{espace}}^{(m)} G(x_1 - a_1 \ldots, x_m - a_m)\, H(a_1, \ldots, a_m)\, dV_A,$$

où les domaines exclus sont $L(X, A) < \eta$ *et* $L(O, A) < \eta$ (η *infiniment petit*), *représente une fonction du même type*. C'est là le résultat annoncé, qui s'étend à des intégrales principales plus générales (³).

(¹) On peut remplacer le laplacien, dans cet énoncé, par n'importe quelle opération linéaire du type elliptique, à coefficients constants, où ne figurent que les dérivées secondes.

(²) Émile Picard, *Annales scient. Éc. Norm. sup.*, 26, 1909, p. 9 à 17; *Leçons sur quelques problèmes aux limites de la théorie des équations différentielles*, Paris, 1930, Chap. X, § 2, spécialement page 202.

(³) Pour les intégrales doubles, ce résultat se déduit aussi du travail cité de M. Tricomi. Notre lemme diffère de celui qu'emploie M. Tricomi, mais il permet des raisonnements analogues.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions métasphériques.*

Note de M. **Gh. Th. Gheorghiu**, transmise par M. Élie Cartan.

On peut considérer, comme généralisation pour plusieurs variables des fonctions $Q^{\alpha,\beta}(x)$ de Niels Nielsen [1], les fonctions

$$\begin{aligned} &A_{\nu_1,\nu_2,\ldots,\nu_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda) \\ &= \frac{(2^p x_1 x_2 \ldots x_p)^\lambda}{\Gamma(-\lambda)} \sum_{m_1=0}^{\infty} \sum_{m_2=0}^{\infty} \cdots \sum_{m_p=0}^{\infty} \\ &\times \frac{\Gamma(-\lambda + N + 2M)}{m_1!\, m_2! \ldots m_p!\, \Gamma(\nu_1 + m_1 + 1)\, \Gamma(\nu_2 + m_2 + 1) \ldots \Gamma(\nu_p + m_p + 1)} \\ &\times \left(\frac{1}{2x_1}\right)^{\nu_1 + 2m_1} \left(\frac{1}{2x_2}\right)^{\nu_2 + 2m_2} \cdots \left(\frac{1}{2x_p}\right)^{\nu_p + 2m_p}, \end{aligned}$$

où nous avons posé

$$N = \sum_{i=1}^{p} \nu_i \quad \text{et} \quad M = \sum_{i=1}^{p} m_i.$$

Ces fonctions ont plusieurs propriétés analogues aux fonctions de Nielsen. Soit

$$X = x_1 x_2 \ldots x_p, \qquad X_k = x_1 x_2 \ldots x_{k-1} x_{k+1} \ldots x_p;$$

alors on a la représentation par l'intégrale p-uple

$$\begin{aligned} &A_{\nu_1,\nu_2,\ldots,\nu_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda) \\ &= \frac{2^{p\lambda - N}\Gamma(-\lambda + N) . x_1^{N-\nu_1} x_2^{N-\nu_2} \ldots x_n^{N-\nu_p}}{\pi^{\frac{p}{2}} \Gamma(-\lambda)\, \Gamma\left(\nu_1 + \frac{1}{2}\right) \Gamma\left(\nu_2 + \frac{1}{2}\right) \cdots \Gamma\left(\nu_p + \frac{1}{2}\right)} \\ &\times \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \cdots \int_{-1}^{+1} (1 - u_1^2)^{\nu_1 - \frac{1}{2}} (1 - u_2^2)^{\nu_2 - \frac{1}{2}} \ldots (1 - u_p^2)^{\nu_p - \frac{1}{2}} \\ &\times (X - u_1 X_1 - u_2 X_2 - \ldots - u_p X_p)^{\lambda - N} du_1\, du_2 \ldots du_p. \end{aligned}$$

Cette expression peut s'écrire encore sous la forme

$$\begin{aligned} &A_{\nu_1+n_1,\nu_2+n_2,\ldots,\nu_p+n_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda) \\ &= C \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \cdots \int_{-1}^{+1} (1 - u_1^2)^{\nu_1 - \frac{1}{2}} (1 - u_2^2)^{\nu_2 - \frac{1}{2}} \ldots \\ &\times (1 - u_p^2)^{\nu_p - \frac{1}{2}} (X - u_1 X_1 - u_2 X_2 - \ldots - u_p X_p)^{\lambda - N} P_{n_1}(u_1, -\nu_1) \\ &\times P_{n_2}(u_2, -\nu_2) \ldots P_{n_p}(u_p, -\nu_p)\, du_1\, du_2 \ldots du_p, \end{aligned}$$

---

(1) N. Nielsen, *Théorie des fonctions métasphériques*, Paris, 1911.

où $P_n(x, \lambda)$ sont les polynomes de Gegenbauer [1], et

$$C = \frac{2^{p(\lambda-1)+N'} . n_1! \, n_2! \ldots n_p! \, \Gamma(\nu_1)\Gamma(\nu_2)\ldots\Gamma(\nu_p)\,\Gamma(-\lambda+N')}{\pi^p \Gamma(-\lambda)\,\Gamma(n_1+2\nu_1)\,\Gamma(n_2+2\nu_2)\ldots\Gamma(n_p+2\nu_p)} x_1^{N'-\nu_1} x_2^{N'-\nu_2} \ldots x_p^{N'-\nu_p},$$

$$N' = \sum_{i=1}^{\infty} \nu_i.$$

Cette formule nous permet d'écrire le développement

$$\frac{2^{p\lambda-N'}.\Gamma(-\lambda+N')}{\Gamma(-\lambda)\Gamma(\nu_1)\Gamma(\nu_2)\ldots\Gamma(\nu_p)} x_1^{N'-\nu_1} x^{N'-\nu_2} \ldots x_p^{N'-\nu_p} (X - u_1 X_1 - u_2 X_2 - \ldots - u_p X_p)^{\lambda - N'}$$
$$= \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} \cdots \sum_{n_p=0}^{\infty} (\nu_1+n_1)(\nu_2+n_2)\ldots(\nu_p+n_p) P_{n_1}(u_1, -\nu_1) P_{n_2}(u_2, -\nu_2)\ldots$$
$$\times P_{n_p}(u_p, -\nu_p) A_{\nu_1+n_1, \nu_2+n_2, \ldots, \nu_p+n_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda),$$

qui donne une extension pour plusieurs variables d'un développement donné par Gegenbauer [2].

Les fonctions A ont encore l'expression sous forme d'intégrale simple :

$$A_{\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p}(ix_1, ix_2, \ldots, ix_p; \lambda)$$
$$= \frac{2^{p\lambda} i^{p\lambda - N}}{\Gamma(-\lambda)} \int_0^{\infty} e^{-uX} u^{-\lambda-1} J_{\nu_1}(uX_1) J_{\nu_2}(uX_2) \ldots J_{\nu_p}(uX_p)\, du,$$

où $J_\nu(x)$ est la fonction de Bessel. Cette expression généralise pour plusieurs variables l'intégrale de Hankel. Ces fonctions vérifient le système des équations aux dérivées partielles

$$x_k^4 \frac{\partial^2 A}{\partial x_k^2} - \sum_{r=1}^{p} \sum_{s=1}^{p} x_r x_s \frac{\partial^2 A}{\partial x_r \partial x_s} - (2\lambda - 1) x_k^3 \frac{\partial A}{\partial x_k}$$
$$+ 2(p-1)\lambda \sum_{r=1}^{p} x_r \frac{\partial A}{\partial x_r} + [(\lambda^2 - \nu_k^2) x_k^2 - (p-1)^2 \lambda^2 - (p-1)\lambda] A = 0$$
$$(k = 1, 2, \ldots, p).$$

---

[1] A. Angelescu, *Thèses*, Paris 1916.

[2] *Comptes rendus de l'Académie impériale de Vienne*, **50**, 1891, p. 749.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le système chlorure mercurique, chlorure de potassium et alcool éthylique.* Note [1] de Mlle **M. Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai recherché par la méthode des solubilités à température constante les combinaisons du chlorure mercurique et du chlorure de potassium qui cristallisent en solution alcoolique. J'ai opéré à 34° en employant successivement l'alcool absolu et l'alcool à 95°, et j'ai déterminé la composition de la phase solide par la méthode des restes de Schreinemakers. Les diagrammes ci-contre [2] résument les résultats que j'ai obtenus; ils indiquent nettement qu'une seule combinaison cristallise à 34° dans l'alcool absolu comme dans l'alcool à 95° et que cette combinaison renferme 6 mol-g de chlorure mercurique pour 5 mol-g de chlorure de potassium.

Ce rapport $6Cl^2Hg/5ClK$ est déterminé sans aucune ambiguïté par la méthode des restes, mais cette méthode ne permet pas de reconnaître si le chloromercurate renferme ou ne renferme pas d'alcool [3]. Pour résoudre cette question, il faut recourir à l'analyse directe. Des cristaux ont été préparés en resroidissant à la température du laboratoire des solutions homogènes préalablement chauffées vers 50°; ils ont l'apparence de fines aiguilles soyeuses.

Je les ai essorés de mon mieux sur du papier Joseph, puis placés dans un dessiccateur jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids constant [4] enfin analysés. Par chauffage ils abandonnent un liquide qui est de l'alcool [5] (que le solvant employé pour les préparer soit de l'alcool absolu ou de l'alcool à 95°). Leur composition est convenablement exprimée par la formule

---

(1) Séance du 9 juillet 1934.

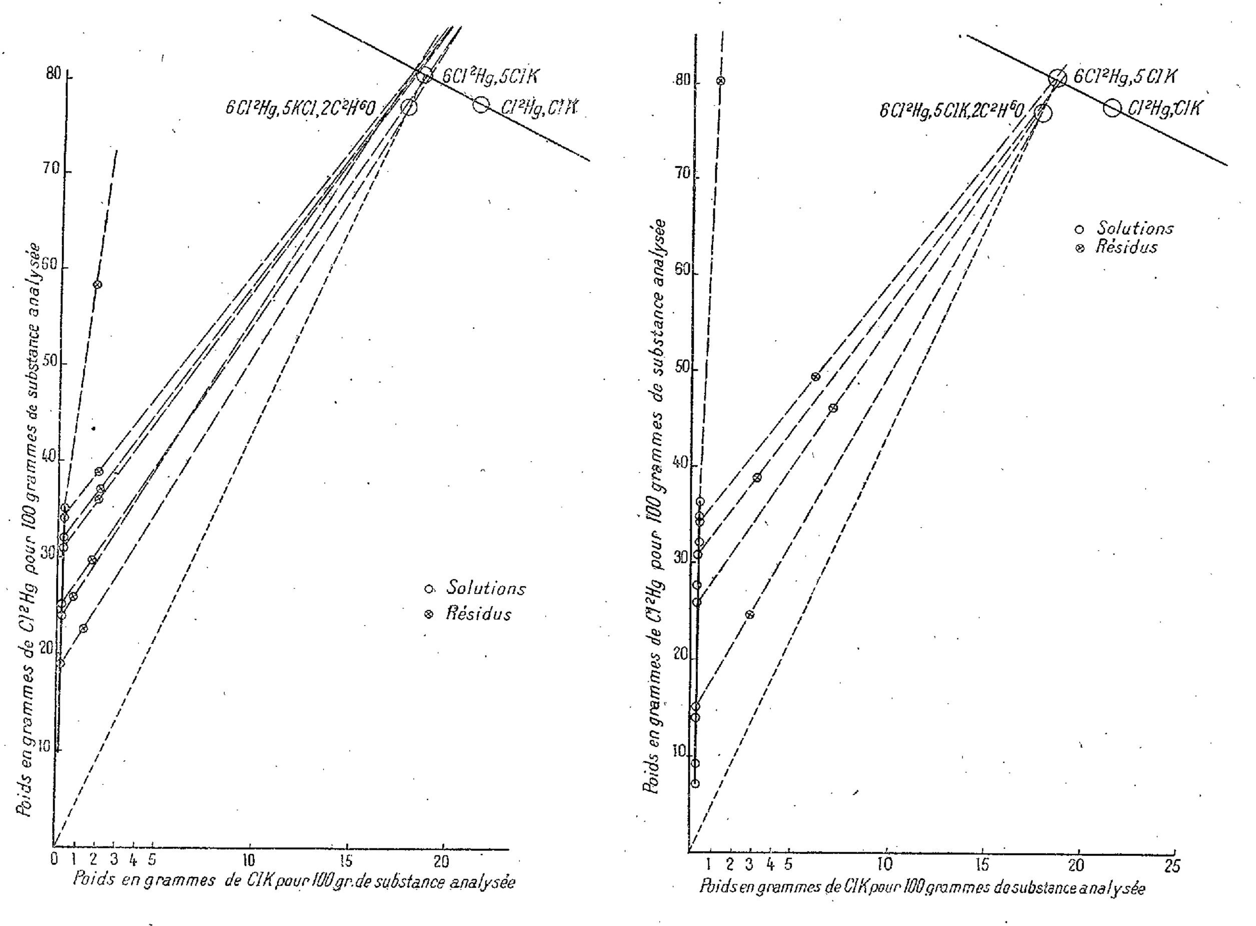
(2) Sur lesquels ne figurent pas les points représentatifs des solutions saturées par rapport à chaque halogénure.

(3) Ou s'il renferme un mélange d'eau et d'alcool ou de l'eau dans le cas où le sel cristallise dans des solutions préparées avec l'alcool à 95°.

(4) Les cristaux placés dans le dessiccateur subissent rapidement une légère perte de poids due vraisemblablement à l'évaporation de la solution mère dont il est impossible de les débarrasser complètement par essorage.

(5) Ce liquide est oxydé par le mélange chromique et ne se congèle pas dans le mélange glacé + sel.

6Cl²Hg, 5ClK, 2C²H⁶O ([1]) comme l'indiquent les résultats analytiques consignés dans le tableau ci-après ([2]).



Système chlorure mercurique, chlorure de potassium et alcool éthylique absolu. (Température 34°.)

Système chlorure mercurique, chlorure de potassium et alcool éthylique à 95°. (Température 34°.)

Quand on laisse à l'air libre les cristaux de chloromercurate, leur poids diminue lentement.

([1]) Ce sel a déjà été signalé : Foote, *Journal of the American Chemical Society*, 32, 1910, p. 618.

([2]) L'imperfection de l'essorage des cristaux explique les écarts entre les compositions centésimales trouvées par l'analyse et celles calculées d'après la formule.

	Cl^2Hg.	ClK.	C^2H^6O.
Composition centésimale calculée d'après la formule $6Cl^2Hg$, $5ClK$, $2C^2H^6O$.			
	77,76	17,84	4,40
Composition centésimale trouvée par l'analyse.			
N° 1........	78,2	17,0	4,7
N° 2........	78,9	16,3	4,7
N° 3........	78,5	16,6	4,8

Si on les analyse lorsqu'ils ont atteint un poids fixe, on constate qu'ils ne renferment plus d'alcool mais de l'eau ([1]) et qu'il convient de leur attribuer la formule $6Cl^2Hg$, $5ClK$, $4H^2O$ comme l'indiquent les résultats d'analyse réunis dans le tableau suivant :

	Cl^2Hg.	ClK.	H^2O.
Composition centésimale calculée d'après la formule $6Cl^2Hg$, $5ClK$, $4H^2O$.			
	78,53	17,99	3,47
Composition centésimale trouvée par l'analyse.			
N° 1................	78,9	17,7	3,4
N° 2................	78,8	17,7	3,4
N° 3................	78,8	17,6	3,5

CHIMIE PHYSIQUE. — *Passage du courant dans les électrolytes sans électrolyse.* Note de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Paul Janet.

Selon les lois de Faraday, le passage du courant dans les électrolytes s'accompagne d'une décomposition de ceux-ci; de plus chaque électrolyte exige une tension bien déterminée pour que le courant atteigne une valeur appréciable. Il n'en est plus ainsi lorsque l'électrolyte dissout l'un des produits de sa décomposition par le courant.

Une solution d'iodure de potassium et d'iode se laisse traverser par le courant, sans décomposition et sous une tension aussi faible que l'on veut; le courant permanent, ainsi que la force électromotrice de polarisation correspondante, dépendant de la concentration en iode de la solution.

([1]) Le liquide qu'ils abandonnent par chauffage est sans action sur le mélange chromique et se congèle dans le mélange glace + sel.

Le tableau suivant donne les f. é. m. de polarisation, pour différents courants *permanents* traversant un voltamètre, contenant une solution à 50^g d'iodure de potassium et à 30^g d'iode par cm^3 de solution. Les électrodes en platine, rectangulaires de 20^{mm} sur 25^{mm}, sont placées à 6^{mm} l'une de l'autre, soit verticalement soit horizontalement, l'anode étant en haut ou en bas.

Les f. é. m. de polarisation ont été calculées en retranchant, de la tension appliquée, la chute ohmique entre électrodes, la résistance, mesurée au pont de Kohlrausch, étant de 0,215 ohm à 26°,5. (La résistivité de la solution d'iodure augmente d'environ 8 pour 100 et 17 pour 100 par l'addition de, respectivement, 20 pour 100 et 30 pour 100 d'iode).

Courants permanents en milliampères.										
9.	10.	50.	100.	200.	400.	800.	1500.	2500.	3500.	4000.
Forces électromotrices de polarisation correspondantes en millivolts :										
Pour électrodes verticales :										
0,7	1,3	6,0	10	20	32	64	150	700	–	–
Pour électrodes horizontales avec anode en haut :										
0,45	0,85	3,6	6,0	12	22	40	75	125	270	380
Pour électrodes horizontales avec anode en bas :										
0,65	1,2	10	29	1500		(au delà électrolyse)				

Les courants, correspondant à la même f. é. m. de polarisation, sont incomparablement plus grands dans le cas où la solution d'iodure contient de l'iode que dans le cas où elle n'en contient pas. Par exemple, pour la f. é. m. de 6 mV, dans le premier cas (si les électrodes sont horizontales et l'anode en haut), le courant *permanent* est de 100 mA, tandis que dans le second cas le courant *permanent* n'atteint pas 0,0006 mA; pour 170 mV, les courants sont respectivement de 2950 et 0,018 mA.

L'explication de ces résultats est la suivante. Les atomes d'iode, en contact avec la cathode, reçoivent un électron et se transforment en ions (I^-) qui, sous l'influence du champ, cheminent vers l'anode où, perdant l'électron, ils redeviennent des atomes d'iode. La concentration de l'iode augmente à l'anode et diminue à la cathode, donnant ainsi lieu à la f. é. m. de polarisation. Au courant électrique dû au mouvement des ions d'iode de la cathode vers l'anode, correspond en sens contraire, un courant

d'atomes d'iode dû à la diffusion de ceux-ci. L'électricité négative seule est ainsi transportée par convection de la cathode à l'anode.

Lorsque, les électrodes étant horizontales, l'anode se trouve en haut, la gravité agit sur les atomes d'iode dans le sens de leur diffusion, celle-ci augmente et la polarisation est moindre que dans le cas des électrodes verticales. Un phénomène contraire, mais plus accentué, se produit lorsque l'anode se trouve en bas; de plus, dans ce cas, l'établissement du courant permanent demande une dizaine d'heures, tandis que lorsque les électrodes sont verticales ou horizontales avec anode en haut, le courant atteint sa valeur définitive au bout de quelques minutes.

La f. é. m. de polarisation est sensiblement proportionnelle au courant jusqu'à une certaine valeur de celui-ci qui augmente avec la concentration en iode, P, de la solution et augmente aussi lorsque la diffusion est facilitée par la gravitation. Au delà, la polarisation augmente rapidement avec le courant, arrivant à l'électrolyse pour environ 1200 mV.

Toutes ces particularités trouvent leur explication dans l'expression même de la f. é. m. de polarisation

$$e = k \log \frac{P+p}{P-p}, \qquad (1)$$

p étant l'accroissement de la concentration à l'anode et sa diminution à la cathode. Pour les petites valeurs de p/P, e lui est proportionnel et p peut être considéré comme proportionnel au courant.

L'augmentation de la température, favorisant la diffusion, doit diminuer la polarisation; on constate en effet que lorsque la température passe de 26° à 43° la polarisation est réduite à la moitié environ, compte tenu de la variation de la résistivité avec la température et malgré la proportionnalité de k à la température absolue.

Oscillations du courant et de la tension aux électrodes. — Dans les expériences précédentes le courant est fourni par une batterie d'accumulateurs (1 à 4 éléments) de f. é. m. E et réglé par une résistance variable r.

Dans la région où la polarisation e (ou la tension aux électrodes v) varie rapidement, le régime est instable. La tension v et, par conséquent, le courant i ($ri = E - v$) oscillent plus ou moins régulièrement.

Les limites entre lesquelles varient v et i, ainsi que la durée moyenne des oscillations doubles T, dépendent du titre de la solution, de la position des électrodes et des valeurs de E et de r.

Exemples. — Solution à 10 pour 100 KI saturée d'iode, électrodes horizontales, anode en haut, $E = 6$ volts, $r = 140$ ohms; v varie entre 100 et 1200 mV, i entre 43 et 35 mA, $T = 120$ secondes (environ).

Solution à 50 pour 100 KI, 8 pour 100 I, électrodes horizontales, anode en haut, E = 8 volts, $r = 8,5$ ohms; oscillations rapides et irrégulières de v entre 720 et 860 mV, i se maintenant sensiblement à 850 mA.

Les oscillations tiennent au fait que p n'est pas déterminé seulement par la valeur actuelle du courant, mais par l'ensemble de ses valeurs antérieures et que, d'autre part, dans la région d'instabilité, où p est voisin de P, la moindre variation de p produit une grande variation de e [formule (1)].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de synthèse des alcoxy (α-hydroxyéthyl-) benzènes et des éthers-oxydes correspondants.* Note de M. **Raymond Quelet**, présentée par M. Delépine.

J'ai décrit ([1]) une méthode permettant d'obtenir directement les dérivés α-chloroéthylés des éthers-oxydes phénoliques en faisant réagir, sur ces derniers, un mélange d'éthanal, d'acide chlorhydrique et de chlorure de zinc.

J'envisagerai dans cette Note l'usage que l'on peut faire de ces chlorures pour réaliser la synthèse des alcools secondaires correspondants et de leurs éthers-oxydes.

La saponification du paraméthoxy (α-chloroéthyl-) benzène et de ses homologues peut s'effectuer dans d'assez bonnes conditions par chauffage peu prolongé avec une solution hydro-acétonique étendue de potasse ou de soude ([2]). Partant de l'anisol on peut, par cette méthode, aboutir au paraméthoxy (α-hydroxyéthyl-) benzène ([3]) :

$$CH^3O - C^6H^5 \xrightarrow[+ ClH + Cl^2Zn]{CH^3 - CHO} CH^3O - C^6H^4 - CHCl - CH^3$$
$$\rightarrow CH^3O - C^6H^4 - CHOH - CH^3.$$

Les carbinols homologues, dérivant des méthoxytoluènes et du thymate de méthyle, n'ont pu être isolés à l'état pur; ils se déshydratent partielle-

([1]) *Bull. Soc. chim.*, compte rendu de la séance du 8 juin 1934; *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 150.

([2]) Ces chlorures étant pratiquement indistillables, le traitement porte sur le produit brut, simplement lavé, obtenu par action de ClH sur le mélange d'éther-oxyde phénolique, de paraldéhyde acétique et de Cl^2Zn.

([3]) Klages, *D. chem. Ges.*, **36**, 1903, p. 3592; Tiffeneau, *Ann. de Chimie*, **10**, 1907, p. 314 (à partir de l'aldéhyde anisique); Straus et Grindel, *Ann. Liebig*, **439**, 1924, p. 300 (hydrogénation du paracétylanisol).

ment à la distillation et s'obtiennent mélangés avec les vinylanisols correspondants.

Au lieu de saponifier directement les dérivés α-chloroéthylés, on peut les transformer en esters acétiques qui s'hydrolysent facilement par les méthodes classiques. Cette transformation se réalise d'une façon quantitative en chauffant, pendant une demi-heure, à l'ébullition, le mélange renfermant le chlorure avec une solution acétique d'acétate de sodium. Les esters suivants ont été obtenus :

	Eb.
Acétate du méthoxy-4 (α-hydroxyéthyl-) benzène	136-138°/16
Acétate du méthyl-3 méthoxy-4 (α-hydroxyéthyl-) benzène	135-136°/10
Acétate du méthyl-2 méthoxy-4 (α-hydroxyéthyl-) benzène	128-129°/8
Acétate du méthoxy-2 méthyl-5 (α-hydroxyéthyl-) benzène	131-132°/10

Ils se présentent sous forme de liquides visqueux, peu odorants; ils se décomposent légèrement, à la distillation, avec perte d'acide acétique. Celui qui dérive du thymate de méthyle n'a pu être isolé et s'est décomposé intégralement en fournissant le vinylanisol correspondant et des produits de polymérisation.

Les éthers-oxydes dérivant des alcools secondaires envisagés peuvent être préparés dans de bonnes conditions par action des esters chlorhydriques sur les alcoolates alcalins; les éthers éthyliques s'obtiennent également avec de bons rendements par chauffage des chlorures avec une solution hydroalcoolique de potasse. Voici, par exemple, le mode opératoire utilisé pour préparer le paraméthoxy (α-éthoxyéthyl-) benzène :

La solution renfermant le paraméthoxy (α-chloroéthyl-) benzène, préparée, comme il a été indiqué, à partir de l'anisol et d'une molécule d'éthanal, est ajoutée peu à peu à une molécule de potasse en dissolution dans 250$^{cm^3}$ d'alcool à 80°; on chauffe ensuite pendant une demi-heure, à l'ébullition, pour parfaire la réaction. Après les traitements habituels, on isole le paraméthoxy (α-éthoxyéthyl-) benzène avec un rendement de 40 pour 100 du rendement théorique.

Voici les constantes physiques des éthers-oxydes préparés à partir de l'anisol, des trois méthoxytoluènes et du thymate de méthyle:

Éther-oxyde.	Eb.	d_0.	d_4^t.	n_D^t.
Méthoxy-4 (α-méthoxyéthyl-) benzène	105°/15	1,026	1,012 (t=16°)	1,5072
Méthoxy-4 (α-éthoxyéthyl-) benzène	114-115°/15	1,003	0,986 (t=20°)	1,498
Méthoxy-4 (α-isopropoxyéthyl-) benzène	118-119°/16	0,986	0,970 (t=18°)	1,4938
Méthyl-3 méthoxy-4 (α-méthoxyéthyl-) benzène	116-117°/16	1,017	1,002 (t=18°)	1,5098
Méthyl-3 méthoxy-4 (α-éthoxyéthyl-) benzène	126°/18	0,995	0,978 (t=21°)	1,5005
Méthyl-2 méthoxy-4 (α-méthoxyéthyl-) benzène	120°/16	1,021	1,008 (t=17°)	1,5114
Méthyl-2 méthoxy-4 (α-éthoxyéthyl-) benzène	128-129°/17	0,999	0,984 (t=21°)	1,5011
Méthoxy-2 méthyl-5 (α-méthoxyéthyl-) benzène	113°/16		solide F=43°,5	
Méthoxy-2 méthyl-5 (α-éthoxyéthyl-) benzène	119°/18	0,993	0,972 (t=25°)	1,4962
Méthyl-2 méthoxy-4 isopropyl-5 (α-méthoxy-éthyl-) benzène	139-140°/16	0,990	0,974 (t=19°,5)	1,5045
Méthyl-2 méthoxy-4 isopropyl-5 (α-éthoxyéthyl-) benzène	132-133°/9	0,970	0,954 (t=20°)	1,499

La partie expérimentale a été effectuée avec l'aide de M. Jacob Peker.

BOTANIQUE. — *Cytologie et particularités nucléaires du grain de pollen des Dipsacées*. Note (¹) de MM. **P. Lavialle** et **P. Jaeger**, présentée par M. L. Mangin.

Le grain de pollen des Angiospermes, considéré avant tout phénomène de germination, contient habituellement deux énergides, dont les noyaux sont frères, mais se distinguent cependant l'un de l'autre par la destinée (noyau générateur, noyau végétatif) et, le plus souvent aussi, par la dimension et la forme.

On connaît d'assez nombreuses exceptions à la règle concernant le nombre des noyaux : il y a, dans certains cas, deux ou plusieurs noyaux végétatifs, et aussi parfois deux noyaux générateurs. La forme des noyaux est également variable.

La famille des dipsacées est représentée, dans nos régions, par des espèces spontanées ou cultivées, appartenant à divers genres dont les principaux sont : *Scabiosa*, *Knautia*, *Dipsacus*, *Cephalaria*, *Morina*. Le grain de pollen de ces diverses espèces présente, uniformément, des particuliarités cytologiques, spécialement nucléaires, que nous décrirons en prenant pour type : *Knautia arvensis* Coult.

Chez *Knautia arvensis*, la cavité du grain de pollen des étamines

(¹) Séance du 9 avril 1934.

longues, déhiscentes et fertiles [1] est le siège de phénomènes nucléaires qui s'écartent notablement des faits habituels. Le noyau primitif du jeune grain subit une première *mitose* typique qui fournit deux noyaux : l'un

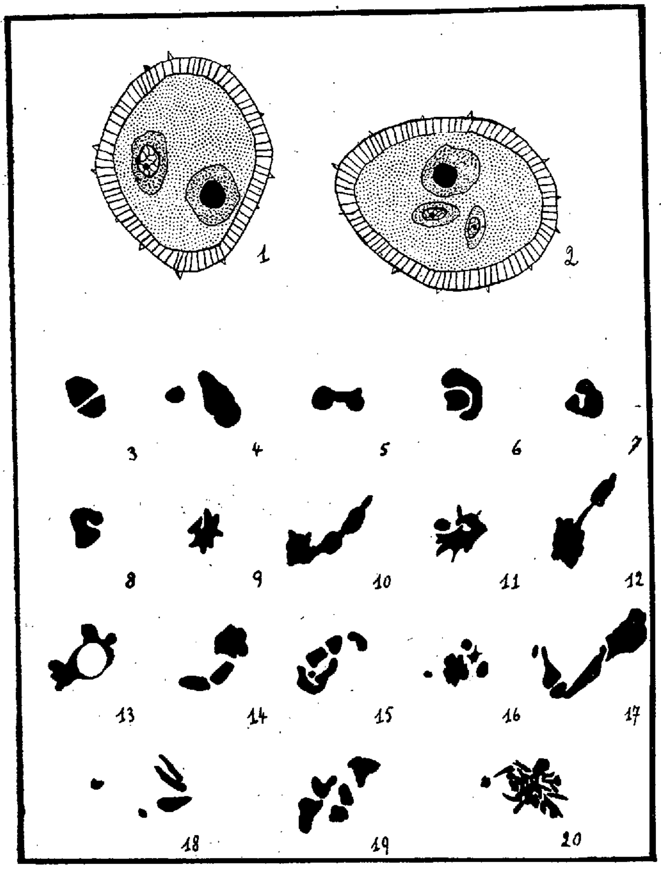


Fig. 1 à 20. — Pollen de *Knautia arvensis* : 1, grain de pollen binucléé (gros noyau végétatif et cellule reproductrice); 2, grain trinucléé; 3 à 20, amitoses, vacuolisations et fragmentations du gros noyau. Gross. 400.

prend tous les caractères (notamment le volume relatif) d'un noyau végétatif normal; l'autre, plus petit, correspond au noyau générateur (*fig.* 1). Puis, une deuxième *mitose*, portant sur le petit noyau, engendre deux nouveaux noyaux, correspondant à deux gamètes mâles inclus dans un grain de pollen qui est ainsi trinucléé (*fig.* 2). Un peu plus tard, l'un des trois noyaux (noyau végétatif) subit des *amitoses* proprement dites, des

---

(1) Lavialle et Jaeger, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 114.

fragmentations précédées souvent d'une *vacuolisation* (*fig*. 3 à 20), qui rappellent l'observation de Friesendahl ([1]) sur *Myricaria germanica* et d'autres Angiospermes; rappelant aussi le phénomène de *caryorhexis* vu par Tischler ([2]) dans le tapis de certaines anthères, ainsi que les descriptions données par Kisser ([3]) dans son travail sur l'amitose, la vacuolisation et la fragmentation nucléaires en général.

A la maturité du pollen, on retrouve les fragments nucléaires, souvent nombreux, provenant des amitoses et des fragmentations qui viennent d'être signalées.

PHYSIOLOGIE. — *Modifications de la pression artérielle au cours et après la destruction progressive de la moelle épinière chez le Chien.* Note ([4]) de MM. **Henri Hermann, Georges Morin** et **Joanny Vial.**

Les nombreux expérimentateurs qui, depuis Legallois, ont détruit en un seul temps la moelle épinière chez divers Mammifères n'ont pas obtenu de bons résultats. Seul Ustimovitch (1887) a vu un de ses Chiens conserver pendant quelques quarts d'heure une tension artérielle de 52^{mm}Hg après lui avoir entièrement détruit sa moelle. A la lecture des travaux des auteurs, on remarque que la plupart d'entre eux ont détruit l'axe spinal en l'abordant d'avant en arrière à partir de la colonne dorsale ou cervicale. Le choc est, dans ces conditions, d'une telle gravité que la pression du sang dans les artères s'effondre immédiatement.

A l'inverse de nos devanciers, après avoir supprimé la moelle lombo-sacrée, nous détruisons la moelle dorsale d'arrière en avant, à partir de la colonne lombaire, en cinq ou six fois espacées de 15 à 20 minutes, chaque destruction portant sur quelques centimètres de substance nerveuse, en sorte que la totalité des segments thoraciques est détruite en 1 heure et demie ou deux heures. En procédant de cette manière chez le Chien chloralosé le choc est extrêmement réduit et nous avons obtenu d'excellents résultats dont les principaux provenant de 24 expériences peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

([1]) *Kung. Svenska Vetenskaps Akad. Handlingar*, **48**, VII, 1912-1913.

([2]) Tischler, *Verlag Gebr. Borntraeger*, Berlin, p. 685.

([3]) *Sitz. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Klasse,* A. I, **131**, 1922, p. 105-129.

([4]) Séance du 16 juillet 1934.

1° Lorsque, après avoir sectionné transversalement la moelle au niveau de la première ou de la deuxième vertèbre lombaire, on détruit en une seule fois la moelle lombo-sacrée, on n'observe aucune modification primitive ou secondaire de la pression artérielle, mesurée dans l'artère carotide à l'aide d'un manomètre à mercure.

2° Ce temps préliminaire réalisé, on attaque la moelle dorsale d'arrière en avant. Les destructions successives qui conduisent jusqu'à la quatrième vertèbre thoracique déterminent immédiatement une hypertension dont la valeur décroît à mesure que la destruction progresse, mais dont le tracé ressemble en tout point à celui des effets de l'excitation centrifuge du nerf splanchnique. Cette première phase terminée, les modifications de la tension artérielle varient en fonction de l'étendue du territoire médullaire supprimé : *a*. Dans le plus grand nombre des cas, la destruction de la moelle jusqu'à D7 ne modifie pas sensiblement la valeur de la pression artérielle; *b*. entre D7 et D5 la destruction amène un déficit variant entre 15 et 25 pour 100 de la pression initiale; *c*. lorsqu'on atteint D4, ce déficit passe en moyenne à 30 ou 35 pour 100. A ce stade, la pression carotidienne varie dans nos expériences entre 9 et 13^{cm} Hg. Cependant toutes les voies vaso-motrices à destination des organes abdominaux sont éliminées ainsi que les voies adrénalino-sécrétrices; mais le train antérieur est alors dans un état de vaso-constriction extrême, dont témoignent le refroidissement très marqué des pattes et la paleur accusée des muqueuses de l'œil et de la gueule.

3° La destruction de la moelle est ensuite poussée jusqu'à D 3 et la pression baisse fortement, en moyenne de 50 à 60 pour 100 de sa valeur initiale : le train antérieur entre aussitôt en vaso-dilatation et la température des pattes de devant s'égalise en quelques minutes avec celle des pattes postérieures.

4° Passé D 3, les atteintes de la moelle ne modifient plus notablement le niveau de la tension : on peut gagner C 6, ne conserver que les segments cervicaux nécessaires à la respiration sans provoquer de nouvelle hypotension. La section sous-bulbaire n'amène également aucune chute nouvelle et la destruction de la moelle cervicale, quoique affaiblissant légèrement le niveau de la pression, laisse celle-ci à une valeur qui, dans nos expériences, se fixe généralement à 5 ou 6, parfois 7^{cm} Hg après vagotomie bilatérale au cou. A ce moment, l'animal est entièrement privé de sa moelle et la pression du sang dans ses artères ne peut être maintenue que par un tonus constricteur régi par des appareils extramédullaires, selon toute vraisemblance par

les centres contenus dans la chaîne et les plexus sympathiques et peut-être dans les parois vasculaires elles-mêmes.

En conclusion, la destruction de la moelle, telle que nous la pratiquons, ne provoque pas de choc grave. Cette circonstance favorable nous a permis de vérifier les données classiques relatives à l'émergence médullaire des nerfs vaso-constricteurs et, à ce point de vue, l'importance primordiale des segments spinaux compris entre la troisième paire dorsale et la première paire lombaire. Nous avons également constaté l'extraordinaire puissance de compensation du système vaso-moteur, telle que la vaso-constriction énergique des territoires vasculaires du train antérieur suffit à compenser presque complètement le déficit tensionnel que tend à créer la destruction des vaso-constricteurs à destination des organes splanchniques et du train postérieur. Enfin, nous apportons la preuve qu'en l'absence de choc la destruction complète de la moelle épinière chez le Chien laisse persister un tonus artériel notable qui ne saurait être régi que par les appareils périphériques.

PHYSIOLOGIE. — *Variation de la chronaxie d'un muscle pendant la contraction volontaire de ses antagonistes chez l'homme normal.* Note (¹) de M. **Georges Bourguignon**, transmise par M. d'Arsonval.

A la suite des différentes publications sur l'influence de la posture sur la chronaxie, par L. et M. Lapicque chez la grenouille (²), et par H. Laugier, W. Libersohn et B. Neoussikine (³) chez l'homme, j'avais cherché à vérifier le fait. Ni chez l'homme normal, ni dans l'hémiplégie, je ne suis jamais arrivé à trouver la moindre variation de la chronaxie d'un muscle sous l'influence de la position du membre ou du segment de membre, *à condition de n'opérer que chez un sujet bien relâché, se laissant mettre passivement dans la position de flexion ou d'extension qu'on veut lui donner.*

En raison des résultats négatifs que j'avais obtenus, nous avons fait en commun, le 27 janvier 1931, W. Libersohn, B. Neoussikine et moi des expériences de vérification, restées inédites. Sur un extenseur commun normal les résultats furent encore négatifs. Ces auteurs m'ont alors demandé de rechercher de nouveau la chronaxie de l'extenseur des doigts

---

(¹) Séance du 13 août 1934.

(²) *C. R. Soc. Biol.*, **99**, 1928, p. 1497.

(³) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1079.

en forçant davantage la flexion du poignet et, pour obtenir ce résultat, ils maintinrent la flexion forcée au moyen d'un poids de 2^{kg} attaché à la main : dans ces conditions, la chronaxie de l'extenseur augmenta et doubla environ de valeur.

J'attribuai alors les variations observées, non à la posture, mais soit à l'étirement du muscle examiné, soit à la douleur que cette flexion forcée déterminait. Dans une Note récente (¹), j'ai mis en évidence le rôle de la douleur dans les variations de la chronaxie chez les rhumatisants chroniques.

Antérieurement, dans mon Ouvrage de 1923, j'avais montré que la contraction volontaire d'un muscle ne modifie pas sa chronaxie, mais qu'on ne trouve plus la chronaxie normale si les antagonistes ne sont pas relâchés; j'indiquais même que, chez les sujets se relâchant mal, il faut leur demander de contracter légèrement le muscle examiné pour faire relâcher les antagonistes et trouver la chronaxie normale. J'avais constaté le fait, mais je l'avais mal interprété à l'époque, ne voyant dans l'action de la contraction de l'antagoniste qu'un effet mécanique (²).

En 1932, je repris la question et je me proposais de faire encore diverses expériences; mais les Communications récentes de Drabovitch et A. et B. Chauchard (³) et de P. Mollaret (⁴) m'incitent à publier dès maintenant mes principaux résultats : je me bornerai dans cette Note à l'étude du biceps.

J'ai donc de nouveau recherché l'influence de la posture chez l'homme normal sur la chronaxie du point moteur du biceps.

J'ai d'abord constaté de nouveau que la chronaxie de ce muscle est la même dans le relâchement complet et pendant sa contraction volontaire. Puis j'ai placé l'avant-bras tantôt en flexion, tantôt en extension passives, le sujet se relâchant complètement : *il n'y a encore eu aucune variation de la chronaxie du biceps.*

J'ai alors demandé au sujet, dont l'avant-bras était placé en extension passive, de contracter volontairement son triceps brachial : *aussitôt la chronaxie du biceps a doublé*. Elle est revenue à la normale aussitôt que le sujet, à ma demande, s'est relâché.

(¹) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 381.
(²) *La chronaxie chez l'homme*, p. 347 à 350, 1 vol. Masson, 1923.
(³) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1718.
(⁴) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 92.

J'ai alors cherché à savoir s'il s'agissait d'une *répercussion* de la contraction du triceps sur le biceps par voie réflexe, ou d'une action cérébrale. J'ai donc, le sujet étant bien relâché, excité le triceps avec un courant faradique tétanisant au moyen de la technique bipolaire : *Pendant la contraction électrique, sans intervention de la volonté, du triceps, la chronaxie du biceps n'a subi aucun changement.*

Ces expériences ont été répétées avec le même résultat chez deux autres sujets.

Voici un exemple de ces expériences :

M. Tr..., 27 ans, sujet normal; expérience du 5 février 1932; rhéobase en mA et chronaxie en σ du biceps droit au point moteur.

	Rhéobase. mA	Chronaxie. σ
Relâchement complet : Flexion	0,3	0,052
» Extension	0,5	0,052
Contraction volontaire du biceps	0,3	0,052
» du triceps	0,5	0,11
Relâchement, avant-bras en extension passive	0,5	0,052
Contraction électrique du triceps par courant tétanisant	0,5	0,052

Ces expériences démontrent que la variation de la chronaxie du biceps est bien due à une action cérébrale au moment de la contraction volontaire de son antagoniste. Il y a peut-être quelque chose de semblable dans les expériences de P. Mollaret sur le chien.

Conclusions. — On peut résumer ces faits dans les quelques conclusions suivantes :

1° Il ne paraît pas y avoir d'influence de la posture sur la chronaxie chez l'homme, si le sujet est complètement passif, condition difficile à réaliser chez les animaux;

2° La contraction volontaire d'un muscle ne modifie pas sa chronaxie, mais la contraction volontaire de ses antagonistes la modifie. Cette action est d'origine cérébrale et non réflexe;

3° Cette action démontre une fois de plus l'action des centres sur la chronaxie, que mes publications sur les *répercussions* d'origine réflexe (1) et d'origine centrale (2) ont révélée pour la première fois dès 1921;

4° De nouvelles expériences sont nécessaires pour généraliser le sens de la variation de la chronaxie pour tous les groupes musculaires fonctionnels.

(1) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 453. (Cette Note est la publication du pli cacheté déposé le 9 octobre 1916 et ouvert le 17 mai 1921.)

(2) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 773, et *La chronaxie chez l'homme*, p. 317, 375, 400, 405, 409.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à la physiologie du développement de l'audition par les sons fondamentaux des voyelles.* Note (¹) de M. **Robert Ranjard**, transmise par M. d'Arsonval.

Une longue expérience de la méthode de rééducation auditive de Marage au moyen de sirènes donnant le son fondamental des voyelles permet deux constatations intéressantes :

D'abord elle confirme les affirmations de l'inventeur de cette méthode sur les résultats qu'elle donne dans la cure de la surdité. Dans une proportion moyenne de 75 pour 100 des cas traités l'audition est améliorée, et, dans les cas de lésions cicatricielles de l'oreille moyenne, cette proportion monte à 90 pour 100. La récupération fonctionnelle peut être considérable, et ne dépend pas du degré de l'infirmité ni de son ancienneté. D'autre part, la méthode de rééducation se doublant d'une acoumétrie très précise, la marche du développement peut être suivie pas à pas, et le traitement peut n'être appliqué en totalité qu'avec la quasi-certitude du succès.

En second lieu cette expérience permet l'étude du mécanisme des résultats obtenus, celle de la physiologie du développement de l'acuité auditive déficiente.

On peut considérer que, dans toute surdité déterminée par une lésion organique, définitive, des appareils auditifs, il existe deux éléments pathogéniques essentiels. Le premier est la limitation de la fonction normale de l'organe par l'altération anatomique, limitation proportionnelle au degré, à la gravité de cette altération. Le second, qui se superpose au précédent pour l'exagérer, est l'affaiblissement, par inactivité, de la fonction déjà limitée par la lésion organique. La surdité par défaut d'usage est comparable à l'*amblyopie ex-anopsia* constatée en ophtalmologie chez les amétropes non corrigés et en particulier chez les strabiques. Cette *amblyopie ex-anopsia* s'oppose à la récupération immédiate de l'acuité visuelle normale par la correction de l'amétropie. Elle s'améliore ou disparaît peu à peu par cette correction prolongée, aidée par des exercices optiques appropriés; elle récidive si la correction de l'amétropie devient défectueuse par négligence ou est supprimée.

L'oreille est soumise aux mêmes lois biologiques que l'œil. L'inactivité

(¹) Séance du 13 août 1934.

de sa fonction est un facteur d'affaiblissement de cette fonction. Et l'on peut, par analogie, donner à cette déficience fonctionnelle le nom d'*hypoacousie ex anhècoustia*. Son degré n'est pas proportionnel à celui de la lésion organique qui a diminué primitivement l'audition. Il varie avec les sujets, avec l'ancienneté de leur infirmité, avec leurs habitudes sociales et leur mode d'activité professionnelle. C'est par l'existence de cette surdité par défaut d'usage qu'on peut expliquer la progression du déficit auditif en cas de stabilité de la lésion déterminante, et la quasi-fatalité de cette progression en cas d'hypoacousie unilatérale.

Si, en corrigeant l'amétropie d'un œil, on peut immédiatement se rendre compte de la part qui, dans son amblyopie, revient à l'inactivité fonctionnelle, il est impossible d'établir la même discrimination en présence d'une surdité, dès le premier examen otologique. Mais cette détermination peut être faite au moins approximativement quand l'audition déficiente, soumise au traitement de Marage, se développe sous l'action des sirènes à voyelles. Il semble certain, en effet, que les exercices acoustiques agissent d'abord sur l'*hypoacousie ex anhècoustia* qui est la première à céder à l'application du traitement. Cette priorité explique la rapidité extraordinaire du développement de l'audition au cours de la première ou des deux premières semaines de la cure de certaines surdités graves. Et l'on peut penser avec raison que, pour un résultat égal, la durée du traitement est d'autant moins longue que la part du défaut d'usage dans la surdité traitée est plus grande.

Mais le son des sirènes à voyelles n'agit pas seulement sur cette *hypoacousie ex anhècoustia*. S'il n'en était pas ainsi, jamais une audition diminuée par une lésion anatomique ne pourrait être développée jusqu'à la normale, puisque le traitement laisse subsister cette lésion. Or il est fréquent de constater la récupération de l'audition pratiquement normale, c'est-à-dire la guérison de la surdité, par l'application de la méthode de Marage. Cette constatation est surtout facile et probante dans les cas d'otite moyenne cicatricielle, ou mieux encore dans celui d'évidement pétro-mastoïdien. Il est certain qu'alors le traitement ne peut rien changer à l'état anatomique de l'oreille, définitivement modifié par altération ou par suppression opératoire. Or, même en cas de déficience très marquée de l'acuité auditive, consécutivement à cette altération ou à cette suppression, la récupération de cette acuité peut être pratiquement totale.

Il faut donc admettre que l'action des sirènes à voyelles détermine une

hypersensibilité auditive, et développe la fonction sensorielle au delà de la normale, de telle sorte que cette normale soit pratiquement rétablie malgré l'obstacle organique qui s'y oppose.

En résumé, le développement de l'audition au moyen des sirènes à voyelles de Marage s'opère par action sur les deux éléments essentiels de la surdité traitée.

De cette conclusion il est permis de tirer un enseignement pratique : afin de conserver le bénéfice du développement de sa fonction, l'oreille doit continuer, après acquisition du résultat, à travailler pour l'entretenir. Ce travail est le plus souvent suffisamment assuré pour l'utilisation auditive nécessitée normalement par la vie sociale. Pour la même raison il faut, quand on développe une audition déficiente, proscrire absolument la lecture sur les lèvres. Ce palliatif d'infirmité ne peut que favoriser la récidive de l'*hypoacousie ex anhècoustia*. Son utilisation pendant la rééducation auditive est aussi illogique que le serait l'emploi de la méthode de Braille pour faire disparaître une *amblyopie ex anopsia*. Elle n'est permise que dans le cas d'échec ou d'insuffisance de la méthode de rééducation utilisée.

TÉRATOLOGIE. — *Monstruosité double très rare : un chat thoradelphe.* Note de M. **Marcel Baudouin**, transmise par M. Charles Richet.

Les monstruosités doubles chez le chat ne sont pas très rares, en général. Mais celles qui ressortissent du groupe des Adelphes ou monstres en lambda de Mathias Duval sont tout à fait exceptionnelles, surtout quand la soudure a lieu au niveau du thorax (*Thoradelphe*), ou du pelvis (*Pelvadelphe*). J'ai eu récemment l'occasion d'observer un fait de *Thoradelphie* extrêmement intéressant, car le sujet était de forme très pure, sans atrophie d'un membre quelconque, et né à terme fin juillet 1934, d'une portée de trois petits. Il était du sexe masculin.

C'est le second cas connu seulement, le premier ayant été publié par MM. Lesbre et Guinard en 1894 (1).

Dans son *Traité de Tératologie* (2), Lesbre a affirmé que les Thora-

(1) *Journal de l'Anat. et Phys.*, 30, 1894, p. 126-132.
(2) *Traité de Tératologie*, Paris, in-8°, 1927, 252 figures.

delphes, chez les animaux, n'étaient pas viables et qu'on n'en connaissait pas d'exemple chez l'homme.

C'est là une erreur manifeste; car on a publié un fait de thoradelphie pour une truie vivante, âgée de 8 mois (*Nature*, 7 juillet 1888) (cas de M. Charles Brogniart); et un autre, chez l'homme, avec photographies de l'être en question, d'abord enfant, puis adulte [cas de Mistress B... ([1])].

Actuellement, on ne connaît que les deux exemples, pour le chat, indiqués ci-dessus. I.-G. Saint-Hilaire en a cité deux autres pour le chien, et deux autres pour le veau, auxquels il faut, naturellement, ajouter la truie de 1888.

J'ai retrouvé récemment un fait relatif au scorpion, non mentionné par les auteurs ([2]).

Si l'on ajoute à ces huit observations chez les divers animaux celle, si extraordinaire, de Brooks H. Wells, pour la femme, on obtient un total de neuf faits, dont deux sujets (une truie et une femme) ont vécu assez longtemps, puisque Mistress B... était adulte quand elle a succombé.

Il semble résulter de cette statistique aussi que, comme d'ordinaire, cette monstruosité est plus fréquente dans le sexe féminin. La thoradelphie est désormais très opérable, au moins par parties, en plusieurs temps.

Ce qui constitue le grand intérêt du fœtus que j'ai pu examiner, c'est qu'il était à terme, en très bon état de conservation, et plus remarquable dans sa constitution que celui publié par M. Lesbre, vu l'égalité absolue des quatre membres postérieurs et de deux queues, normalement développées. Aucune anomalie dans la partie antérieure du corps, où la fusion des deux êtres était absolument complète.

([1]) Brooks H. Wells, *Am. J. of Obst.*, 1888, p. 1265-1271, 5 figures, 1 planche en couleurs.

([2]) Pavesi, *R. Ist. Lomb. di. Sc. e lett. Rendic.*, Milano, 2e série, 14, 1881, p. 329-332.

MÉDECINE. — *Le vieillissement de l'organisme retardé moyennant l'inspiration d'air ionisé négativement.* Note de MM. **Tchijevsky** et **Voynard**, transmise par M. d'Arsonval. (Extrait.)

L'inspiration systématique d'air ionisé négativement provoque dans l'organisme de divers animaux (rats, souris, cobayes, lapins, chimpanzés, brebis, cochons, etc.) toute une série de phénomènes : croissance plus rapide, poids plus élevé, meilleure laine, progéniture plus robuste, résistivité plus grande à diverses maladies et un *vieillissement manifestement retardé*....

Sous cette influence, l'échange gazeux *est haussé*, de même que le métabolisme, et, par contre, l'un et l'autre *baissent* sous l'action d'ions positifs. De même, pour l'excitabilité du système nerveux et l'activité psychique....

L'introduction artificielle d'aéroions dans l'organisme serait le moyen pour retarder la décharge des biocolloïdes de l'organisme et retarder par là son vieillissement. Ce n'est pas la thérapie de la vieillesse, mais la prophylaxie du vieillissement que nous avons en vue.

La séance est levée à $15^{h}35^{m}$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1934.

Tables crépusculaires, donnant l'altitude au zénith des rayons rasants du Soleil pour toutes les latitudes de degré en degré, par Jean Lugeon. Warszawa, Drukarnia Panstwowego Instytutu meteorologicznego, 1934; 1 vol. 26cm,5

Climat solaire de Nice et de la Côte d'Azur, par Ladislas Gorczynski. Nice, Association typographique, 1934; 1 vol. 24cm (Présenté par M. Ch. Maurain).

Vie et rajeunissement. Une nouvelle méthode générale de traitement et mes expériences de rajeunissement de Bologne et de Paris, par Francesco Cavazzi. Paris, Gaston Doin et Cie, 1934, 1 vol. 25cm,5.

A travers l'Afrique équatoriale sauvage, par Jean Thomas. Paris, Larose, 1934; 1 vol. 33cm (Présenté par M. Joubin).

Notice météorologique sur les Côtes de France et d'Afrique du Nord, par M. J. Rouch. Paris, Imprimerie Nationale, 1933; 1 vol. 23cm,5 (Présenté par M. Ch. Maurain).

Equilibre des massifs à frottement interne. Stabilité des terres pulvérulentes ou cohérentes, par Albert Caquot. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 25cm,5 (Présenté par M. M. d'Ocagne).

Contribution à l'étude des Cnidaires et de leurs nématocystes.

— Tome I : *Recherches sur les Nématocystes (Morphologie-Physiologie-Développement)*;

— Tome II : *Valeur taxonomique du cnidome*, par Robert Weill. Paris, Les Presses universitaires de France, 1934; 2 vol. 28cm.

Les Myriapodes. Les insectes (Caractères fondamentaux), par Aug. Lameere. In *Précis de Zoologie*, tome IV, fasc. 1. Bruxelles, H. Cauwenberg, 1934; 1 vol. 26cm,5.

Liaisons rotatives à couples d'emboîtement. Théorie générale et joint homocinétique, par F.-E. Myard. Extrait du journal *L'Usine*, du 26 avril 1934. Paris, édition du *Journal*; 1 fasc. 23cm,5 (Présenté par M. M. d'Ocagne).

Union géographique internationale. *Comptes rendus du Congrès international de Géographie*, Paris, 1931.

— Tome I : *Actes du Congrès. Travaux de la section I.*

— Tome II, fasc. 1 : *Travaux de la section II.*

— Tome II, fasc. 2 : *Cartes.*

— Tome III : *Travaux des sections IV, V, VI.* Paris, librairie Armand Colin, 1932, 1933, 1934; 4 vol. 25cm,5.

Les Chênes. Monographie du genre Quercus, par A. Camus. Atlas. Tome I : *Sous-genre* Cyclobalanopsis. *Sous-genre* Euquercus (*Sections* Cerris *et* Mesobalanus). Paris, Paul Lechevalier et fils, 1934; 1 vol. 40cm (Présenté par M. Blaringhem).

Atlas d'Algérie et de Tunisie, par Augustin Bernard et R. de Flotte de Roquevaire. Service cartographique du Gouvernement général de l'Algérie, fasc. IX, X. XI, XII, XIII. Paris, Émile Larose, 1929, 1932, 1933; 5 fasc. 63cm.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1934.

Applications des trains épicycloïdaux à des problèmes de mécanique cinématique. Mesures ou commandes à distance par solutions différentielles, par F. E. Myard. Extrait du *Génie civil* du 16 juin 1934. Paris, publications du journal *Le Génie civil*, 1934 (Présenté par M. d'Ocagne).

Gouvernement général de Madagascar et dépendances. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 200000e.

— *Notice explicative sur la feuille Ampombilava*. RS-36.37 (370), par Henri Bésairie 1933;

— *Notice explicative sur la feuille Ankilizato*. HI-50.51 (505), par V. Hourcq, 1933;

— *Notice explicative sur la feuille Ihosy-Nord*, JK-54.55 (546), par Henri Bésairie, 1934;

— *Notice explicative sur la feuille Antsalova*. FG-46.47 (464), par V. Hourcq, 1934; Tananarive, Imprimerie Officielle; 4 fasc. et 4 planches, 24cm.

Contribution à la connaissance de la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indochine, par A. Lacroix. In *Bulletin du Service géologique de l'Indochine*. Vol. XX, fasc. 3; Hanoï, 1933. 1 vol. 28cm,5.

Les Amines biologiques, par Guggenheim. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1934; 1 vol., 24cm,5 (Présenté par M. G. Bertrand).

La vie des Reptiles de la France centrale, par Raymond Rollinat. Paris, Delagrave, 1934; 1 vol. 25cm.

Parasitism and Disease, par Theobald Smith. Princeton, Princeton University Press, 1934; 1 vol. 22cm.

Annales des sciences naturelles. Dixième série. *Zoologie*, t. XVII. *Volume du centenaire*. Paris, Masson et Cie, 1934; 1 vol. 25cm.

Les Pagures ou Bernards l'ermite (*Un exemple d'adaptation*), par Charles Pérez. In *Actualités scientifiques et industrielles*, 101. *Exposés de biologie zoologique*. Paris, Hermann et Cie, 1934; 1 fasc. 25cm.

Les bans de vendanges de la région parisienne, par H. Duchaussoy. In *La météorologie, revue mensuelle de météorologie et de physique du globe*, mars-avril 1934, nos 108-109 (nouvelle série). Paris, Société météorologique de France, 1934; 1 fasc. 28cm.

Radioactivité, soleil, pluie artificielle. Expériences et recherches, par Mlle Stéphanie Maracineanu. Bucuresti, Editura cultura Romaneasca, S. A. R., 1934; 1 fasc. 23cm.

Précis d'anesthésie chirurgicale, par E. FORGUE. Paris, Gaston Doin et Cie, 1934; 1 vol. 21^{cm}, 5.

La ponte et l'incubation chez les Annélides polychètes, par CH. GRAVIER. Extrait des *Annales des sciences naturelles. Séries botanique et zoologie*, 10e série, t. VI. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 fasc. 25^{cm}, 5.

La ponte et l'incubation chez les Crustacés, par CH. GRAVIER. Extrait des *Annales des sciences naturelles. Séries botanique et zoologie*, 10e série, t. XIV, Paris, Masson et Cie, 1931; 1 fasc. 25^{cm}, 5.

Remarques sur la morphologie du parapode des Néréidiens, par CH. GRAVIER. Extrait des *Annales des sciences naturelles. Séries botanique et zoologie*, 10e série, t. XVII. Paris, Masson et Cie, 1934; 1 fasc. 24^{cm}, 5.

Annélides polychètes recueillies au cours de pêches nocturnes à la lumière sur les côtes d'Annam, par CH. GRAVIER et J. L. DANTAN. In *Annales de l'Institut océanographique*, nouvelle série, t. XIV, fasc. III. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 1934; 1 fasc. 27^{cm}, 5.

Inauguration de la statue de Laplace à Beaumont-en-Auge le 3 juillet 1932 sous la présidence d'honneur du Maréchal Franchet d'Esperey. Orléans, Henri Tessier, 1933; 1 fasc. 24^{cm} (Présenté par M. Ch. Lallemand).

Le nivellement général de la France de 1878 à 1927. Exposé historique, par CH. LALLEMAND et E. PREVOT. Extrait du volume des *Procès-verbaux de la commission centrale, de la sous-commission d'études et du comité d'exécution*. Paris, Imprimerie Nationale, 1927; 1 fasc. 31^{cm}.

Union géodésique et géophysique internationale. *Cinquième assemblée générale réunie à Lisbonne, 17-25 septembre 1933*. London and Southampton, Camelot Press Limited, 1934; 1 fasc. 25^{cm} (Présenté par M. Ch. Lallemand).

La réorganisation de l'Institut Pasteur, par ALFRED LACROIX. Extrait des *Annales de l'Institut Pasteur*, t. LIII; Paris, Masson et Cie, 1934; 1 fasc. 24^{cm}, 5.

Jubilé du Professeur A. d'Arsonval, 27 mai 1933. Malakoff, G. Durassié et Cie, s. d.; 1 fasc. 27^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 23 juillet 1934.)

Note de M. *Sébastien Sabetay* et Mme *Hermine Sabetay*, Sur une réaction colorée des sesquiterpènes azulénogènes :

Pages 314 et 315, intervertir les deux notes (1) et, *au lieu de* MM. Janot et E. Cionza, *lire* MM. M. Janot et E. Cionga.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 AOUT 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La température des fleurs.* Note (¹) de M. **Louis Blaringhem.**

L'élévation de la température dans la spathe des Aroïdées est bien connue. J'ai donné récemment (²) la preuve qu'à une certaine phase de croissance et pour quelques *Arum*, il se produit des crises de fièvre coïncidant avec la respiration intense de jeunes fleurs mâles. Ayant constaté des phénomènes analogues, mais sporadiques et irréguliers, chez quelques plantes appartenant aux familles les plus diverses (Renonculacées, Linacées, Tropæolées, Rosacées, Papilionacées, Cucurbitacées, Composées et nombreuses Gamopétales, Liliacées et Amaryllidacées) annuelles ou vivaces, herbacées ou ligneuses, je me suis attaché à mettre en relief quelques traits du phénomène, qui est très complexe. Pour ces recherches, j'ai fait construire des thermomètres spéciaux, des aiguilles thermoélectriques reliées à un galvanomètre portatif et je puis donner, d'après 3000 observations faites au cours de six mois, quelques résultats d'ordre général.

1° La plupart des espèces végétales offrent, à certaines phases de la croissance végétative et surtout au cours du développement des fleurs, des excès de température réguliers des tissus internes et des organes floraux sur la température ambiante. Il existe, en plus, des crises irrégulières accidentelles en apparence, qui affectent certaines fleurs, parfois des boutons que rien ne distingue des fleurs et des boutons à température normale. J'ai

---

(¹) Séance du 20 août 1934.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1551.

constaté ces crises de fièvre, déterminant un excès local de température de 6 à 8 et même une fois 9°, chez *Weigelia*, *Tropæolum*, *Thermopsis*, *Cucurbita*, *Taraxacum*, *Narcissus*; je donnerai ailleurs des renseignements sur ces cas singuliers ;

2° Les différences de température régulières sont comprises, avec les instruments dont je dispose, entre 1 et 6°. Elles dépendent en partie des conditions ambiantes, état hygrométrique de l'air, soleil ou nébulosités, force du vent, abris et contacts avec le sol ou des supports. Elles se manifestent encore au début des chutes de pluie, mais s'atténuent rapidement si celles-ci se prolongent; on les constate tous les jours le matin et même tard dans la nuit; elles sont surtout marquées entre 8 et 11^{h} du matin (sauf pour *Œnothera*, le soir) ;

3° L'équilibre de température entre le thermomètre sensible et la fleur étudiée n'est pas instantané; il dépend du contact de certaines portions de la corolle dont les plus favorables sont pour les Capucines, les Dauphinelles, les Ancolies, les Linaires, l'ouverture des pétales en éperon; pour les Liserons, Pétunias et Tabacs, Mufliers, le fond du tube de la corolle; pour les Papilionacées, la base des pétales inférieurs formant la carène; pour les Cucurbitacées, les alvéoles arrondies à la base des pétales; pour les Composées le centre des capitules non épanouis. Le thermomètre dont la masse est aussi réduite que possible et dont la forme est appropriée à l'organe, monte régulièrement au cours d'une minute ou moins; l'équilibre s'établit puis la baisse se fait très lentement. Il se produit toujours un notable abaissement de température à la sortie de l'instrument, dû pour partie à l'évaporation de nectar ou liquide entraîné par contact;

4° Pour des plantes à fleurs de même conformation, les Digitales par exemple, on note des différences d'une espèce à l'autre, quoique cultivées côte à côte et aux mêmes stades de développement; ces différences sont dominées par les modes particuliers et variés de l'anthèse qui différencient si nettement les espèces et les hybrides (Linées, Papilionacées, Scrofularinées, etc.);

5° Dans la même lignée, les différences individuelles trahissent l'homogénéité ou la diversité du lot, comme j'ai pu m'en rendre compte avec des lignes pures et leurs hybrides divers (*Hemerocallis*, *Digitalis*) et la température des fleurs est un nouveau caractère à étudier pour définir l'habitus ou individualité biologique [1]. J'ai noté aussi sur des fleurs aux mêmes

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1850 et 1937.

stades de développement, des différences parallèles et assez marquées entre les températures fournies, par les individus mâles et femelles des espèces dioïques (*Lychnis*, *Silene*, *Dianthus*, *Aquilegia*) par les fleurs ou inflorescences mâles et femelles des plantes monoïques (*Cucurbita*, *Zea*). Les boutons mâles, comme dans le cas de l'*Arum* (*loc. cit.*), offrent presque toujours une température plus élevée que celle des boutons femelles.

Parmi les nombreuses séries de températures prises au cours du printemps et de l'été 1934, je constate la plus grande régularité dans les tableaux fournis par des lots horticoles de Pois de senteur (*Lathyrus odoratus* L.) étudiés dans le Pas-de-Calais du 22 juillet au 15 août 1934. Les mesures ont été faites à l'aide d'un thermomètre à très petite cuvette cylindrique de $0^{cm^3},016$, longue 6^{mm} avec tube capillaire gradué de diamètre intérieur $0^{mm},0404$; on peut facilement lire les différences du quart de degré, la fleur étant maintenue carène contre cuvette par une pression, ménagée et à distance, des doigts protégés par de la flanelle sèche.

I. — *Tableau des températures d'un lot hétérogène de* Lathyrus odoratus, *relevées le* 11 *août* 1934 *à Locon* (*Pas-de-Calais*) *entre* 10^h30^m *et* 12^h.

	Nombre de fleurs			Nombre de boutons			
Températures.	fanées.	ouvertes.	s'ouvrant.	—1.	—2.	—3.	—4.
18°.......	–	8	–	–	–	–	–
19.......	–	22	2	–	–	–	–
20.......	3	3	2	2	1	–	3
21.......	–	–	–	5	3	1	1
22.......	–	–	–	3	3	3	–
....	.	.	.	.	.	.	.
25.......	–	–	–	–	1	–	–

Le ciel était couvert; une pluie légère tombée vers 9^h fut suivie d'une éclaircie de soleil pâle qui s'est couvert; peu de vent, état hygrométrique 72°. La température extérieure 17° n'a pas varié durant les lectures effectuées de 10^h30^m à 12^h. Toutes les fleurs fanées et épanouies et presque tous les boutons devant s'ouvrir après (—1) jour, après (— 2) jours, etc., ont été étudiés, au total 66, dont 40 fleurs et 26 boutons; la température des boutons (—2) et (—3), ce dernier atteignant à peine la moitié des dimensions linéaires de la fleur s'ouvrant, ont une température dépassant de 4 degrés la température extérieure; un bouton —2 la dépasse de 7 degrés.

Les lectures ont été présentées sous une forme condensée; mais elles ont

été faites successivement plante par plante et il était bien clair que chaque plante avait, au point de vue température, son individualité. Ainsi la plante à fleurs roses, qui porte l'unique bouton —2 à température 25°, donna 20 pour 3 fleurs ouvertes, 21,5 pour 1 bouton (—1), 22,5 et 25 pour 2 boutons (—2), 21 pour le bouton (—4); cet individu était pour toute la gamme de développement des fleurs dans la phase à température élevée; d'autres restent dans la phase à températures moyenne ou basse.

Ces résultats confirment des observations faites quelques jours auparavant sur d'autres Pois de senteur, beaucoup plus homogènes, dont j'ai pris les températures à trois reprises dans la journée et à trois intervalles séparés de 6 jours. Il m'est impossible d'en fournir les données numériques ici; je les ai condensées pour trois plantes à fleurs blanches au même état (fin de la floraison) dans une des circonstances les plus voisines de celles où fut étudié le lot précédent :

II. — *Tableau des températures d'un lot homogène de* 3 Lathyrus odoratus, *relevées le* 29 *juillet* 1934 *à Mazingarbe* (*Pas-de-Calais*) *entre* 10^h *et* 11^h.

Températures.	Nombre de fleurs			Nombre de boutons.			
	fanées.	ouvertes.	s'ouvrant.	—1.	—2.	—3.	—4.
19°	2 *1* **1**	1 *1*	—	—	—	—	—
20	2 *1*	2	—	1	—	—	—
21	—	*4* **2**	—	2 *4*	—	—	—
22	—	*1*	*1*	1 *1*	**1**	1	**1**
23	—	—	*1*	—	*2*	**1**	—
24	—	—	—	—	**1**	—	—

Les trois plantes, au même stade avancé de la floraison, sont à fleurs blanches, offrant l'une 12 fleurs (chiffre ordinaire), l'autre 12 fleurs (chiffre italique), la troisième 11 fleurs (chiffre gras); la première est plutôt froide, la dernière chaude. Ce tableau correspond à des lectures faites entre 10^h et 11^h par ciel couvert après orage la nuit, la température étant 19°,5 avec état hygrométrique 68 descendant à 65. Or les lectures faites sur les mêmes plantes de 7 en 7 jours ont indiqué la même répartition en froides et chaudes, et cela pour les 6 individus blancs du lot que j'ai pu étudier dans des conditions comparables.

En résumé, chez le Pois de senteur, les boutons au stade précédant de 2 jours l'éclosion offrent, selon les individus, une température qui dépasse de 2 à 5 degrés la température ambiante. Le nombre des calories en excès est toujours très faible et le phénomène ne peut être mis en évidence qu'avec des thermomètres appropriés.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les foudres globulaires bleues.* Note [1] de M. ÉMILE MATHIAS.

1. L'étude des foudres globulaires *nues* a montré que la matière fulminante *pure* ne peut exister qu'à l'état incandescent; comme elle se comporte comme un corps optiquement noir, la température minima à laquelle elle fuse ou explose nécessairement sous la pression atmosphérique est quelque peu supérieure à 515°C.

Ceci laisse entière la question plus délicate de la matière fulminante *impure*, à propos de laquelle nous n'avons considéré jusqu'ici que l'effet des impuretés : fer et soufre, ce dernier corps donnant aux foudres une teinte superficielle *bleu ciel*, en conservant la forme sphérique ou globulaire si la proportion de l'impureté est faible ou modérée, en imposant la forme *serpentine* si l'impureté est massive. Nous ne considérerons ici que le premier cas.

La présente Note a pour but de montrer que la matière fulminante modérément sulfurée est susceptible d'exister à des températures un peu inférieures à celle du début de l'incandescence du corps noir.

2. Nous invoquerons dans ce but trois observations très différentes.

La première est utilisée par Galli dans sa statistique de la couleur de 81 foudres globulaires (*I principali caratteri dei fulmini globulari*, § 30). A propos des 26 foudres rouges, dans la colonne des remarques, ce savant dit que l'une de ces foudres est devenue bleue (1 *rouge puis bleue*). Nous n'avons pu jusqu'ici retrouver l'observation qui a provoqué cette remarque, dont nous avons été très longtemps à pénétrer le sens.

La deuxième observation est due à un de nos amis de Clermont, qui l'a faite vers 1870; voici sa Notice :

J'ai été témoin, dans mon enfance, d'une chute de la foudre sous forme de boule devant la maison que j'habitais à Nevers, au coin de la place de la Halle et de l'avenue de la Gare, et j'ai gardé de ce phénomène extraordinaire un souvenir tout à fait net et précis.

C'était un après-midi, au cours d'un orage. Je regardais tomber la pluie à travers les vitres d'une fenêtre du rez-de-chaussée, lorsque, après un très fort coup de tonnerre, je vis soudain en face de moi, à environ 25^{m}, apparaître un globe de feu, légèrement ovale dans le sens de la hauteur, ayant à peu près la dimension et la forme *d'un gros*

---

(1) Séance du 20 août 1934.

ballon de foot-ball et l'éclat d'une lumière électrique d'un *beau jaune d'or* phosphorescent. Cette boule incandescente resta en suspension dans l'air, complètement immobile d'abord, *à environ* 1^{m} *au-dessus du sol*, pendant un long moment que je n'estime pas inférieur à l'espace d'*une quinzaine de secondes*, ce qui me parut prodigieux. Puis, elle glissa doucement en dérive sur la gauche de près de 1^{m}, et se mit tout à coup à tressaillir en brusques mouvements saccadés, telle l'aiguille affolée d'une boussole. A ce moment, le météore échappa subitement à ma vue, *comme s'il bondissait sur le sol*, et je n'aperçus alors qu'un trait de feu (vertical) qui dura, c'est le cas de le dire, l'espace d'un éclair, après quoi la sphère lumineuse, apparaissant de nouveau, *sembla s'être transformée* un peu plus loin, toujours sur la gauche, dans la direction du Parc, *en un second globe d'une couleur bleuâtre toute pâlie et ternie*, comme le disque lunaire vu la nuit à travers la brume. Mais, à ce point précis, *la boule électrisée éclata avec une violence extrême* et, après l'explosion, instantanément disparut toute trace d'un phénomène qui, dans son entier, dura moins d'une minute.

Voilà, très fidèlement transcrites, toutes les phases d'un spectacle dont aucun détail ne m'a échappé, dont j'ai toujours gardé un souvenir plein de précision, *que j'ai longtemps cru être un cas singulier, un phénomène nouveau*, mais dont je garantis l'authenticité absolue.

Clermont-Ferrand, le 15 juillet 1924.

JOSEPH ROUBILLE.

Cette Notice était accompagnée de deux dessins donnant, l'un, le plan des lieux, le second, les phases successives colorées de la transformation de la foudre.

Cette magnifique observation, obtenue au commencement de nos études sur la matière fulminante, resta incompréhensible comme la remarque précédente de Galli, sans que l'idée vînt de rapprocher les deux observations, qui disparurent de notre attention.

La troisième observation est relative à la tempête qui, le soir du 10 août 1695, traversa le territoire de Châtillon-sur-Seine et dont De la Hire, qui avait reçu de là une lettre, rapporta la nouvelle à l'Académie des Sciences :

« La tête de cet orage s'étant enflammée, l'air parut tout en feu; ceux qui le virent en furent fort effrayés, et crurent que les villages voisins étaient entièrement consumés par le feu qui brûlait de tous côtés en *bluettes* semblables à celles qui sortent du fer rouge quand on le bat; après être tombées elles roulaient quelque temps à terre et paraissaient *bleues;* elles s'éteignaient ensuite; cette pluye de feu dura un quart d'heure. »

(*Recueil des Pièces qui ont remporté le Prix de l'Académie royale des Sciences*, 2, p. 233.)

De même que les *bluettes*, quand on forge le fer incandescent, sont *rouges* dans l'air et *bleues* quand elles se sont refroidies sur le sol, il faut

comprendre que les foudres globulaires de Châtillon-sur-Seine étaient *rouges* dans l'air et devenaient *bleues* après avoir roulé quelque temps à terre; de même, la foudre de Nevers, d'abord *jaune d'or* dans l'air, cesse d'être incandescente et devient *bleuâtre* après avoir touché le sol. C'est donc bien le même phénomène qui se rencontre dans les foudres globulaires de Châtillon-sur-Seine, de Nevers, et dans celle dont parle Galli.

La matière fulminante modérément sulfurée des foudres globulaires bleues peut donc descendre au-dessous du rouge avant d'exploser, ce que ne peut faire la matière fulminante *pure*. L'impureté *soufre* apparaît ainsi comme augmentant la stabilité de cette dernière.

Enfin la statistique des 81 foudres globulaires colorées de Galli doit être légèrement remaniée, le nombre des foudres rouges passant de 26 à 25 (fréquence 31 pour 100) et celui des foudres bleues de 12 à 13 (fréquence 26 pour 100).

M. **Paul Janet** s'exprime en ces termes :

« J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire Central d'Électricité dans le domaine des Unités et Étalons électriques et photométriques*. Cette brochure est constituée par des extraits de mes rapports annuels sur le fonctionnement du Laboratoire depuis 1904 jusqu'à ce jour; elle donne donc le résumé de trente années d'études dans ce domaine. On sait que dans tous les grands pays du monde, ce genre d'études constitue l'une des tâches fondamentales des Laboratoires nationaux; la France, malheureusement, est en retard, à ce point de vue, et dès 1916, notre Confrère, M. Le Chatelier, dans un rapport très remarqué, attirait l'attention de l'Académie sur cette question. En ce qui concerne l'Électricité, le Laboratoire Central d'Électricité, fondé par décret du 24 février 1882, et placé sous la direction de la Société française des Électriciens, s'est toujours efforcé, avec des ressources extrêmement modestes, de remplir ce rôle si important au point de vue international. De grands efforts restent à faire pour constituer, en coordonnant et en développant les ressources existantes, le Laboratoire national qui nous manque encore. »

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Sur les racines caractéristiques des matrices de formes linéaires.* Note (¹) de M. **Hans Schwerdtfeger**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit **S** un système semi-simple de nombres hypercomplexes

$$x = \sum_{\alpha=1}^{n} x_\alpha e_\alpha,$$

avec les constantes de multiplication $c_{\alpha\beta}^{\gamma}$, telles que

$$e_\alpha e_\beta = \sum_{\gamma=1}^{n} c_{\alpha\beta}^{\gamma} e_\gamma \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, n).$$

Les x_α sont des nombres d'un corps quelconque. Frobenius a démontré le théorème suivant : « Si la multiplication du système **S** est associative et commutative, les racines caractéristiques de la matrice

$$(1) \qquad X = \left(\sum_{\gamma=1}^{n} c_{\gamma\beta}^{\alpha} x_\gamma \right)_{\alpha, \beta=1}^{n}$$

sont des formes linéaires, linéairement indépendantes, dont les coefficients sont les caractères du système **S** » [2].

Il semble intéressant d'établir aussi le théorème inverse : « Soit X une matrice (1) à formes linéaires des n variables $x_1, \ldots, x_n$, dont les racines caractéristiques $\xi_1, \ldots, \xi_n$ sont données par les n formes linéairement indépendantes

$$(2) \qquad \xi_\alpha = \sum_{\beta=1}^{n} a_{\alpha\beta} x_\beta, \qquad |a_{\alpha\beta}| \neq 0.$$

Il y aura un système hypercomplexe **S** *à multiplication associative et commutative, qui a les $c_{\alpha\beta}^{\gamma}$ comme constantes de multiplication.* »

(¹) Séance du 20 août 1934.

(²) G. Frobenius, *Ueber vertauschbare Matrizen* (*Sitzungsber. der preuss. Akad. d. Wiss.*, Berlin, 1896, p. 601-614).

Pour démontrer ce théorème on déduit de (2) la formule

$$x_\alpha = \sum_{\beta=1}^{n} a^{\alpha\beta}\xi_\beta,$$

où $(a^{\alpha\beta})$ est la réciproque de la matrice $(a_{\alpha\beta})$. On aura donc

$$X = \sum_{\alpha=1}^{n} \xi_\alpha B_\alpha$$

avec des matrices constantes $B_1, \ldots, B_n$.

Les racines ξ_α étant des variables indépendantes, on conclut que les matrices B_α sont les covariants de Frobenius ([1]) pour la matrice X. Cela veut dire qu'on a les relations

$$B_\alpha^2 = B_\alpha, \qquad B_\alpha B_\beta = B_\beta B_\alpha = (0) \qquad (\alpha \neq \beta),$$

$$\sum_{\alpha=1}^{n} B_\alpha = E,$$

si E est la matrice unité.

En désignant par $\eta_1, \ldots, \eta_n$ les racines caractéristiques de la matrice

$$Y = \left(\sum_{\gamma=1}^{n} c_{\gamma\beta}^{\alpha} y_\gamma\right),$$

on aura donc

$$XY = \sum_{\alpha=1}^{n} \zeta_\alpha \eta_\alpha B_\alpha = YX.$$

Les matrices X sont donc les éléments d'un système hypercomplexe commutatif qui est isomorphe au système **S** défini par les matrices $(c_{\gamma\beta}^{\alpha})$. On tire de là l'énoncé du théorème.

Le système **S** sera semi-simple; car son discriminant, c'est le déterminant de la matrice

$$G = \left(\sum_\mu \sum_\nu c_{\alpha\beta}^{\mu} c_{\mu\nu}^{\nu}\right) = \left(\sum_{\gamma=1}^{n} a_{\gamma\alpha} a_{\gamma\beta}\right)$$

qui n'est pas nul.

([1]) H. Schwerdtfeger, *Sur une formule d'H. Poincaré relative à la théorie des groupes de S. Lie* [*L'Enseignement mathématique*, 33, 1934, p. 304-319 (voir aussi les travaux cités là)].

On peut généraliser ces considérations. Ainsi on sera conduit au problème de caractériser les racines des matrices X plus générales, qui sont toujours des fonctions algébriques des x_α, homogènes de dimension 1, et de classer les systèmes **S** d'après les propriétés de ces fonctions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque concernant la solution du problème mixte relatif à l'équation* $\Delta u - 1/\omega^2 u_{tt} = 0$ *pour* $\omega \to \infty$. Note [1] de M. **Y. Why Fschen**, transmise par M. Hadamard.

M. Hadamard, dans son Ouvrage *Le problème de Cauchy*, p. 485, parle de l'hypothèse suivante :

On résout le problème mixte relatif à l'équation des ondes

$$\mathcal{L}(u) \equiv u_{xx} + u_{yy} - \frac{1}{\omega^2} u_{tt} = 0 \tag{1}$$

dans un cylindre droit (dans l'espace x, y, t) de base S, le contour de cette base étant formé par la ligne s. La valeur de l'inconnue u sur la surface du cylindre doit être indépendante de t. Elle est égale à la valeur donnée de u sur s. Les valeurs initiales de u et de $\partial u/\partial t$ sur S peuvent être supposées à volonté

$$u(x, y, 0) = \bar{u}\,(x, y),$$

$$\frac{\partial}{\partial t} u(x, y, 0) = \bar{u}_t(x, y),$$

mais elles sont assujetties à la condition $\partial u/\partial t = 0$ sur s.

On fait tendre ω vers ∞.

L'hypothèse en question est que, à la limite, $u(x, y, t)$ tend, pour $t = t_0 \neq 0$, vers la solution du problème de Dirichlet, avec les valeurs données sur le bord.

Nous allons démontrer que cette hypothèse n'est pas exacte.

D'abord nous faisons la remarque suivante : Supposons que $u(x, y, t_0)$ soit convergent et que la convergence soit si parfaite qu'aussi

$$\frac{\partial}{\partial t} u(x, y, t_0), \qquad \frac{\partial}{\partial x} u(x, y, t_0), \qquad \frac{\partial}{\partial y} u(x, y, t_0)$$

convergent uniformément sur le plan $t = t_0$. Nous allons prouver que

(1) Séance du 20 août 1934.

la fonction $U(x, y) = \lim_{\omega \to \infty} u(x, y, t_0)$ ne peut être une fonction potentielle que si, sur la base, $u = \bar{u}(x,y)$ est également une telle fonction.

Si nous posons $\mathcal{J}(t) = \frac{1}{2} \iint_{t=\text{const.}} \left(u_x^2 + u_y^2 + \frac{1}{\omega^2} u_t^2 \right) dx\, dy$, l'intégrale $\iiint_{\text{cylindre}} u_t L(u)\, dV \equiv 0$ nous fournit, en tenant compte de la condition $du/dt = 0$ sur la surface cylindrique, l'équation

$$\mathcal{J}(t_0) = \mathcal{J}(0).$$

Étant donné que les dérivées premières de u convergent uniformément pour $t = t_0$, il s'ensuit :

$$\lim_{\omega \to \infty} \mathcal{J}(t_0) = \frac{1}{2} \iint (U_x^2 + U_y^2)\, dx\, dy = D(U),$$

$$\lim_{\omega \to \infty} \mathcal{J}(0) = \frac{1}{2} \iint (\bar{u}_x^2 + \bar{u}_y^2)\, dx\, dy = D(\bar{u}),$$

Nous en tirons l'équation suivante :

$$(2) \qquad D(U) = D(\bar{u}).$$

Or U et $\bar{u}$ ont la même valeur sur le bord. La fonction potentielle, entre toutes les fonctions de même valeur sur le bord, se distingue par le fait que son intégrale de Dirichlet D est minima. Si $U(x, y)$ doit être une fonction potentielle, $\bar{u}(x, y)$ doit aussi être une telle fonction, d'après (2).

Avec cela, il n'est pas encore démontré que, d'une façon générale, $u(x, y, t_0)$ ne converge pas vers une fonction potentielle. Mais il est facile de trouver un exemple contraire.

On a, pour la membrane circulaire fixée le long de son bord, une oscillation propre :

$$u = J_0(k_{0m} r) \cos(k_{0m} \omega t)$$

où k_{0m} est le $m^{\text{ième}}$ zéro de J_0. De plus,

$$\bar{u} = J_0(k_{0m} r), \qquad \bar{u}_t = 0$$

sur la surface cylindrique, $r = 1$, $\bar{u} = 0$. On voit facilement que $\lim_{\omega \to \infty} u(x, y, t_0)$ n'existe pas pour $t_0 \neq 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la mesure harmonique des ensembles de points*. Note [1] de M. **Rolf Nevanlinna**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soit dans le plan des z un domaine G et soit α un ensemble de points de la frontière Γ de ce domaine. J'appelle *mesure harmonique de l'ensemble α par rapport au domaine* G, en un point z de G, la valeur correspondante de la fonction $\omega_\alpha(z)$ satisfaisant aux conditions suivantes : 1° ω_α est harmonique à l'intérieur de G; 2° ω_α admet la valeur limite 1 sur l'ensemble α et s'annule sur l'ensemble complémentaire du contour Γ. On connaît le rôle important joué par cette notion dans diverses questions de la théorie des fonctions où intervient la méthode des majorants harmoniques [2]. Pour établir cette méthode sous une forme définitive, il est nécessaire de développer la théorie de la mesure harmonique pour les aires G les plus générales.

2. La frontière Γ de G sera assujettie à la seule condition de comprendre trois points au moins. Soit G_∞ la surface universelle superposée au domaine G, surface simplement connexe et ayant une infinité de feuillets, si G est multiplement connexe. Faisons la représentation conforme $x = x(z)$, $z = z(x)$ de G_∞ sur le cercle $|x| < 1$. La fonction $z(x)$ est uniforme et automorphe par un groupe (S) de transformations linéaires conservant ce cercle. Quant aux propriétés de $z(x)$ sur la circonférence $|x| = 1$, on peut énoncer ce résultat, bien connu dans le cas d'un domaine G simplement connexe :

Soient ξ un point de la circonférence $|x| = 1$ et $S(\xi)$ la classe des points correspondant à ξ par les substitutions (S). Alors il existe un ensemble E de classe $S(\xi)$ bien déterminé qu'on peut mettre en correspondance biunivoque avec l'ensemble des points accessibles de Γ, de sorte que : 1° le point x tendant vers un point ξ appartenant à une classe de E, sur une courbe non tangente à la circonférence $|x| = 1$, le point $z = z(x)$ converge vers le point accessible ζ correspondant; 2° réciproquement, si le point z tend vers un point accessible ξ, suivant un chemin quelconque qui définit ce point, chaque branche de $x(z)$ tend vers un point de la classe $S(\xi)$ correspondante.

---

[1] Séance du 2 juillet 1934.

[2] Voir G. Julia, *Principes géométriques d'analyse* II (*Cahiers scientifiques*, fasc. 11, Paris 1932).

L'ensemble E se confond avec l'ensemble des points de la circonférence $|x| = 1$ pour lesquels la fonction admet une limite radiale. Deux cas peuvent se présenter :

Ou bien E comprend tout point $|x| = 1$, sauf peut-être un ensemble de mesure nulle. Dans ce cas nous dirons que le domaine G est de *type borné*.

Ou bien E est de mesure nulle.

3. Soit G de type borné. Étant donné un ensemble α de points de Γ, désignons par $\bar{\alpha}$ l'ensemble des points de la circonférence $|x| = 1$ qui correspondent aux points accessibles de α. Nous dirons que α est *mesurable harmoniquement* si l'ensemble $\bar{\alpha}$ est mesurable au sens ordinaire.

S'il en est ainsi on peut, à l'aide de l'intégrale de Poisson, construire une fonction harmonique $\omega(x)$ qui tend vers 1 lorsque ω tend radialement vers un point de $\bar{\alpha}$ et qui s'annule aux autres points $|x| = 1$, sauf au plus un ensemble de mesure nulle. La fonction $\omega[x(z)]$ est la mesure harmonique de α par rapport au domaine G.

4. Un ensemble donné α, dont la mesure harmonique s'annule par rapport à un certain domaine, peut avoir une mesure positive par rapport à un autre domaine. Mais si l'on se borne aux domaines de type borné dont la frontière se compose de α et d'un ensemble β ayant une distance positive de α (ce qui implique que α est fermé), on peut démontrer que, si l'ensemble α est de mesure harmonique nulle par rapport à l'un quelconque de ces domaines, il le sera aussi par rapport à tous les autres. Dans ce cas, nous dirons que α est de mesure harmonique nulle *au sens absolu*.

Les domaines de type non borné sont identiques avec ceux dont les contours sont de mesure harmonique nulle au sens absolu. On démontre qu'une fonction harmonique, uniforme et bornée à l'extérieur d'un ensemble de mesure harmonique nulle, se réduit à une constante. Donc, la solution du problème de Dirichlet et, en particulier, la construction de la mesure harmonique, n'est pas possible pour un domaine de type non borné.

5. On peut se servir de la théorie de mesure harmonique pour obtenir la fonction de Green d'un domaine G de type borné. En supposant que $z = \infty$ soit à l'intérieur de G, on trace un grand cercle $|z| = r$ et l'on construit la mesure harmonique $\omega_r(z)$ de ce cercle par rapport au domaine qu'il limite avec le contour de G. Alors, pour $r \to \infty$, l'expression $\omega_r \log r$ tend vers la fonction de Green de G, ayant son pôle au point $z = \infty$.

Pour un domaine de type non borné, la fonction de Green n'existe pas. D'après MM. Szegö et Myrberg, cela exige d'autre part que le diamètre

transfini, introduit par M. Fekete, du contour Γ s'évanouisse. Les ensembles de mesure harmonique nulle au sens absolu se confondent donc avec ceux dont le diamètre transfini s'annule.

6. Il est important de connaître les relations qui existent entre la mesure harmonique d'un ensemble α par rapport à un domaine G et les propriétés euclidiennes de la configuration géométrique formée par α et G. Comme la mesure harmonique reste invariable par une transformation conforme et biunivoque ce problème revient à étudier la déformation de l'intérieur et du contour d'un domaine par une telle transformation. Dans cet ordre d'idées, on pourra utiliser les méthodes connues de MM. Carleman et Ahlfors ainsi que certains résultats importants récents dus à M. Beurling (¹).

MÉCANIQUE. — *Sur le problème de Bertrand pour certaines courbes qui généralisent les coniques.* Note (²) de M. **Edgar Odell Lovett**, transmise par M. Élie Cartan.

Le problème suivant fut posé par Bertrand à propos des lois de Kepler (³) et résolu simultanément par Darboux et Halphen par des méthodes différentes : *Sachant qu'une force qui dépend seulement de la position du mobile lui fait toujours décrire une conique, quelles que soient les conditions initiales, trouver la loi de cette force* (⁴).

En s'appuyant sur les formes respectives données par Appell (⁵) et Tisserand (⁶) à la méthode d'Halphen pour la résolution du problème de Bertrand, la présente Note s'occupe du problème analogue par rapport à certaines courbes Φ_m, Ψ_n qui se réduisent aux coniques si $m = 2n = 3$.

(¹) *Études sur un problème de majoration* (*Thèse*, Upsal, 1933).

(²) Séance du 30 juillet 1934.

(³) *Comptes rendus*, 84, 1877, Bertrand, p. 673, 731; Darboux, p. 760, 936; Halphen, p. 939.

(⁴) Cf. Boneff, *Le principe de causalité et le problème de Bertrand* (*Bull. des Sc. math.*, 2ᵉ série, 57, 1933, p. 49); *La loi de gravitation dans la théorie de la relativité et le problème de Bertrand* (*Ibid.*, 58, 1934, p. 58).

(⁵) *Traité de Mécanique rationnelle*, 1, 1893, p. 372.

(⁶) *Traité de Mécanique céleste*, 1, 1889, p. 36.

I. Désignons par Φ_m les courbes définies par l'équation intégrable

$$\frac{d^3}{dx^3}\left[\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^{-\frac{2}{m}}\right] = 0,$$

qui évidemment renferme pour $m = 3$ la deuxième forme dérivée par Halphen (*loc. cit.*) pour l'équation différentielle commune à toutes les coniques. Soit la loi de force par rapport à ces courbes Φ_m de la forme $\mu[\varphi(x, y)]^{-m/2}$ à une transformation homographique près, où μ est une constante. Alors, en suivant une marche semblable à celle d'Appell dans le problème classique, on est conduit aux six équations de condition

$$(1) \qquad \frac{\partial^3\varphi}{\partial x^3} = 0, \qquad \frac{\partial^3\varphi}{\partial x^2\,\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial^3\varphi}{\partial x\,\partial y^2} = 0, \qquad \frac{\partial^3\varphi}{\partial y^3} = 0,$$

$$(2) \qquad 3\varphi\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} - \frac{m}{2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 = 0, \qquad (3) \qquad 3\varphi\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\,\partial y} - \frac{m}{2}\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0.$$

Des équations (1) et (2) on déduit successivement

$$(4) \qquad \left\{\begin{array}{l} \varphi = \mathrm{A}x^2 + 2\mathrm{B}xy + \mathrm{C}y^2 + 2\mathrm{D}x + 2\mathrm{E}y + \mathrm{F} \\ (\mathrm{A, B, C, D, E, F}, \text{ constantes arbitraires}), \end{array}\right.$$

$$(5) \quad \varphi = \frac{m}{\mathrm{C}}(\mathrm{B}x + \mathrm{C}y + \mathrm{E})^2 \quad (\mathrm{C} \neq 0), \qquad (6) \quad \varphi = \mathrm{A}x^2 + 2\mathrm{D}x + \mathrm{F} \quad (\mathrm{C} = 0),$$

dont l'expression (5) satisfait à l'équation (3) pour la seule valeur 3 de m, tandis que l'expression (6) satisfait à l'équation (3) pour m quelconque.

Donc dans le cas particulier $m = 3$ des courbes Φ_m on retrouve les deux lois de force découvertes par Darboux et Halphen, et dans le cas général on trouve que la seule solution du problème proposé est le cas $p = 3$ de la loi de force pour les courbes $[(y'')^{-2/m}]^{(p)} = 0$,

$$\frac{-\left(\mu r_1^{-2}\sin^{\frac{1}{2}m(p-1)-3}\theta\right)}{\left(\sum_{i=0}^{p-1} a_i \sin^i\theta\cos^{p-i-1}\theta\right)},$$

se réduisant pour $m = 3$ à la deuxième loi de Darboux et Halphen, où $r_1^2 = x_1^2 + y_1^2$, $r_1\cos\theta = x_1 = x/y$, $r_1\sin\theta = y_1 = 1/y$, μ et les a_i étant des constantes.

II. Appelons Ψ_n les courbes satisfaisant aux équations différentielles

$$\frac{dx}{dt}=x', \quad \frac{dy}{dt}=y', \quad \frac{dx'}{dt}=ux, \quad \frac{dy'}{dt}=uy,$$

$$n^2u^2\frac{d^3u}{dt^3}-3n(n+1)u\frac{du}{dt}\frac{d^2u}{dt^2}+(n+1)(2n+1)\left(\frac{du}{dt}\right)^3-n^2u^3\frac{du}{dt}=0,$$

dont la dernière se ramène au moyen de la substitution $u=\psi^{-n}$ à la forme intégrable $d^3\psi/dt^3=\psi^{-n}d\psi/dt$, et devient pour $n=3/2$ l'équation de Tisserand (*loc. cit.*) correspondant à la première équation d'Halphen (¹).

En égalant à zéro les coefficients de x'^3, $3x'^2y'$, $3x'y'^2$, y'^3, $x'\psi^{-(n+1)}$, et $y'\psi^{-(n+1)}$ dans le développement de l'équation différentielle du troisième ordre en ψ, on obtient les six équations de condition

$$(7) \qquad \frac{\partial^3\psi}{\partial x^3}=0, \quad \frac{\partial^3\psi}{\partial x^2\partial y}=0, \quad \frac{\partial^3\psi}{\partial x\partial y^2}=0, \quad \frac{\partial^3\psi}{\partial y^3}=0,$$

$$(8) \qquad \begin{cases} 3\psi\left(x\dfrac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+y\dfrac{\partial^2\psi}{\partial x\partial y}\right)-n\dfrac{\partial\psi}{\partial x}\left(x\dfrac{\partial\psi}{\partial x}+y\dfrac{\partial\psi}{\partial y}\right)=0, \\ 3\psi\left(y\dfrac{\partial^2\psi}{\partial y^2}+x\dfrac{\partial^2\psi}{\partial x\partial y}\right)-n\dfrac{\partial\psi}{\partial y}\left(x\dfrac{\partial\psi}{\partial x}+y\dfrac{\partial\psi}{\partial y}\right)=0. \end{cases}$$

De ces équations (7) et (8) on tire successivement

$$(9) \qquad \begin{cases} \psi=ax^2+2bxy+cy^2+2fx+2gy+h \\ (a,\ b,\ c,\ f,\ g,\ h \text{ constantes arbitraires}), \end{cases}$$

$$(10) \qquad \begin{cases} (2n-3)(ax+by)\psi \\ \quad +2n[(bf-ag)xy+(cf-bg)y^2+(f^2-ah)x+(fg-bh)y]=0, \\ (2n-3)(bx-cy)\psi \\ \quad +2n[(bg-cf)xy+(ag-bf)x^2+(fg-bh)x+(g^2-ch)y]=0. \end{cases}$$

Les dernières équations (10) devant avoir lieu quels que soient x et y, on en conclut : 1° si $2n-3=0$, on retrouve les coniques et les solutions de Darboux et Halphen, et 2° si $2n-3\neq 0$, on trouve que $\psi=h$, et que la seule loi de force est de la forme $\mu h^{-n}r$, et ainsi conforme à la première loi de Darboux et Halphen pour les coniques.

(¹) $9(y'')^2y^{\mathrm{v}}-45y''y'''y^{\mathrm{iv}}+40(y''')^3=0$, ($y^{(n)}=d^ny/dx^n$). *Comptes rendus, loc. cit.*; *Bull. de la Soc. math.*, **4**, 1875-1876, p. 64; *Œuvres d'Halphen*, I, 1916, p. 395. C'est Monge qui a indiqué le premier cette équation différentielle (*Corresp. École Polyt.*, **2**, n° **2**, janvier 1810, p. 51-54).

MÉCANIQUE DES MILIEUX CONTINUS. — *Transformation isotherme infiniment petite du milieu matériel homogène le plus général.* Note de M. **Charles Platrier**, transmise par M. E. Jouguet.

1. Soient (u, v, w) les coordonnées du déplacement d'un point (x, y, z) d'un milieu continu dans son état actuel [(a, b, c) même point dans l'état initial] et soient :

$$(1)\qquad e_1 = \frac{\partial u}{\partial a}, \qquad g_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial b} + \frac{\partial v}{\partial c}\right), \qquad p = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial b} - \frac{\partial v}{\partial c}\right)$$

et six autres relations obtenues par permutation circulaire effectuée sur e_2, g_2, q, e_3, g_3, r.

Dans une transformation continue de ce milieu matériel de densité ρ dans son état actuel et ρ_0 dans son état initial, ne supposons pas que les forces de masse qui s'exercent sur un élément de masse (dm) soient réductibles à une force unique, mais à une force $\overline{\mathrm{F}}\,dm$ et à un couple $\overline{\mathrm{T}}\,dm$, ne supposons pas que les efforts qui s'exercent sur un élément de surface soient réductibles à un effort unique ([1]), mais soient définis par un tenseur tension $\overline{\overline{\mathrm{T}}}$ (de composants le tenseur droit $\overline{\overline{\mathrm{D}}}$ et le vecteur $\overline{\mathrm{G}}$) et par un tenseur couple de tension $\overline{\overline{\Theta}}$. Soient enfin $(\overline{i}\,dm)$ la quantité d'accélération de l'élément (dm) et $(\overline{j}\,dm)$ le moment de sa quantité d'accélération dans son mouvement autour de son centre de gravité.

Les équations universelles du mouvement peuvent s'écrire en tout point du milieu :

$$(2)\qquad \begin{cases} \operatorname{div}\overline{\overline{\mathrm{D}}} + \operatorname{rot}\overline{\mathrm{G}} + \rho(\overline{\mathrm{F}} - \overline{i}) = 0, \\ \operatorname{div}\overline{\overline{\Theta}} + \rho(\overline{\mathrm{T}} - \overline{j}) + 2\,\overline{\mathrm{G}} = 0. \end{cases}$$

2. Supposons une transformation isotherme infiniment petite du milieu. Soient $\overline{\overline{\mathrm{D}}}{}^0$ et $\overline{\overline{\Theta}}{}^0$ les tenseurs $\overline{\overline{\mathrm{D}}}$ et $\overline{\overline{\Theta}}$ dans l'état initial du milieu et soient :

$$\begin{Vmatrix} \eta_1 & \theta_3 & \theta_2 \\ \theta_3 & \eta_2 & \theta_1 \\ \theta_2 & \theta_1 & \eta_3 \end{Vmatrix}, \qquad \begin{Vmatrix} \mathrm{N}_1 & \mathrm{T}_3 & \mathrm{T}_2 \\ \mathrm{T}_3 & \mathrm{N}_2 & \mathrm{T}_1 \\ \mathrm{T}_2 & \mathrm{T}_1 & \mathrm{N}_3 \end{Vmatrix}$$

les matrices respectives de $\overline{\overline{\mathrm{D}}}{}^0$ et $\overline{\overline{\mathrm{D}}}$.

([1]) La notation tensorielle adoptée est celle du *Cours de Mécanique de l'École Polytechnique*, par P. Painlevé et Ch. Platrier (p. 3 et suiv.), Paris.

L'existence d'un potentiel interne se traduit par la possibilité d'imaginer une forme quadratique Φ de 15 variables (e_i, g_i et les dérivées premières de p, q, r en a, b, c) telle que :

$$
(3)\quad \left\{
\begin{aligned}
\mathrm{N}_1 &= \eta_1\left[1-\overline{e_1+e_2+e_3}\right]+2q\theta_2-2r\theta_3+\frac{1}{2}\frac{\partial\Phi}{\partial e_1}\\
&\quad+\left[\frac{\Theta^0_{11}+\Theta^0_{21}}{2}\frac{\partial g_2}{\partial a}+\frac{\Theta^0_{12}+\Theta^0_{22}}{2}\frac{\partial g_2}{\partial b}+\frac{\Theta^0_{13}+\Theta^0_{23}}{2}\frac{\partial g_2}{\partial c}\right]\\
&\quad-\left[\frac{\Theta^0_{31}+\Theta^0_{11}}{2}\frac{\partial g_3}{\partial a}+\frac{\Theta^0_{32}+\Theta^0_{12}}{2}\frac{\partial g_3}{\partial b}+\frac{\Theta^0_{33}+\Theta^0_{13}}{2}\frac{\partial g_3}{\partial c}\right]\\
&\qquad\text{(et deux relations analogues par permutation circulaire);}\\
\mathrm{T}_1 &= \theta_1\left[1-\overline{e_1+e_2+e_3}\right]+p[\eta_2-\eta_3]-q\theta_3+2\theta_2+\frac{1}{4}\frac{\partial\Phi}{\partial\gamma_1}\\
&\quad+\left[\frac{\Theta^0_{21}+\Theta^0_{31}}{4}\frac{\partial\overline{g_2-g_3}}{\partial a}+\frac{\Theta^0_{22}+\Theta^0_{32}}{4}\frac{\partial\overline{g_2-g_3}}{\partial b}+\frac{\Theta^0_{23}+\Theta^0_{33}}{4}\frac{\partial\overline{g_2-g_3}}{\partial c}\right]\\
&\quad-\left[\frac{\Theta^0_{31}+\Theta^0_{11}}{4}\frac{\partial e_2}{\partial a}+\frac{\Theta^0_{32}+\Theta^0_{12}}{4}\frac{\partial e_2}{\partial b}+\frac{\Theta^0_{33}+\Theta^0_{13}}{4}\frac{\partial e_2}{\partial c}\right]\\
&\quad+\left[\frac{\Theta^0_{11}+\Theta^0_{21}}{4}\frac{\partial e_3}{\partial a}+\frac{\Theta^0_{12}+\Theta^0_{22}}{4}\frac{\partial e_3}{\partial b}+\frac{\Theta^0_{13}+\Theta^0_{23}}{4}\frac{\partial e_3}{\partial c}\right]\\
&\qquad\text{(et deux relations analogues par permutation circulaire);}\\
\Theta_{11} &= \Theta^0_{11}\left[1-\overline{e_1+e_2+e_3}\right]+\left[2q\frac{\Theta^0_{13}+\Theta^0_{31}}{2}-2r\frac{\Theta^0_{12}+\Theta^0_{21}}{2}\right]+\frac{1}{2}\frac{\partial\Phi}{\partial\frac{\partial p}{\partial a}}\\
&\quad+\left[\Theta^0_{11}e_1+\Theta^0_{12}g_3+\Theta^0_{13}g_2\right]\\
&\qquad\text{(et deux relations analogues par permutation circulaire);}\\
\Theta_{23} &= \Theta^0_{23}\left[1+\overline{e_1+e_2+e_3}\right]+\left[p[\Theta^0_{22}-\Theta^0_{33}]-q\Theta^0_{21}+r\Theta^0_{13}\right]+\frac{1}{2}\frac{\partial\Phi}{\partial\frac{\partial q}{\partial c}}\\
&\quad+\left[\Theta^0_{21}g_2+\Theta^0_{22}g_1+\Theta^0_{23}e_3\right]\\
&\qquad\text{(et deux relations analogues par permutation circulaire);}\\
\Theta_{32} &= \Theta^0_{32}\left[1-\overline{e_1+e_2+e_3}\right]+\left[p[\Theta^0_{22}-\Theta^0_{33}]-q\Theta^0_{12}+r\Theta^0_{31}\right]+\frac{1}{2}\frac{\partial\Phi}{\partial\frac{\partial r}{\partial b}}\\
&\quad+\left[\Theta^0_{31}g_3+\Theta^0_{32}e_2+\Theta^0_{33}g_1\right]\\
&\qquad\text{(et deux relations analogues par permutation circulaire).}
\end{aligned}
\right.
$$

Les coordonnées de $\overline{\overline{\mathrm{D}}}$ et $\overline{\overline{\Theta}}$ dépendent, par suite, des 15 coordonnées de $\overline{\overline{\mathrm{D}}}{}^0$ et $\overline{\overline{\Theta}}{}^0$ et des 120 coefficients de la forme quadratique Φ, en tout de 135 constantes si le milieu est homogène.

AÉRODYNAMIQUE. — *Contribution à la théorie des ailes sustentatrices.* Note [1] de M. **Miroslav Nénadovitch**, transmise par M. Henri Villat.

L'écoulement plan autour d'un profil circulaire est régi, avec les notations usuelles, par le potentiel complexe

$$F(\zeta) = -V_0\left[\zeta e^{i\alpha} + \frac{a^2}{\zeta-\mu}e^{-i\alpha}\right] + \frac{\Gamma}{2\pi i}\operatorname{Log}(\zeta-\mu).$$

La vitesse complexe en un point ζ est

$$\text{(1)} \qquad \frac{dF}{d\zeta} = -V_0\left[e^{i\alpha} - \frac{a^2}{(\zeta-\mu)^2}e^{-i\alpha}\right] + \frac{\Gamma}{2\pi i}\frac{1}{\zeta-\mu}.$$

Il est toujours possible par la transformation conforme $z = \Pi(\zeta)$ de passer du profil circulaire au profil d'ailes sustentatrices. Dans ce cas le potentiel complexe $F(\zeta)$ se transforme en $f(z)$ qui régit l'écoulement.

Envisageons la fonction de transformation

$$\text{(2)} \qquad z + p\lambda = \left(1+\frac{\lambda}{\zeta}\right)^p\left(\zeta + \sum_{n=1}^{n}\frac{Q_n}{\zeta^n}\right),$$

laquelle pour $\zeta = -\lambda$ donne la pointe $z = -p\lambda$ du profil. On peut facilement démontrer que (2) représente une transformation qui donne des profils avec un dièdre de l'angle τ à la pointe, si l'on admet $p = 2 - \tau/\pi$.

On déduit de (2)

$$\text{(3)} \qquad \frac{dz}{d\zeta} = \left(1+\frac{\lambda}{\zeta}\right)^{p-1}\left(1-\frac{\lambda_1}{\zeta}\right)\cdots\left(1-\frac{\lambda_n}{\zeta}\right),$$

dans laquelle $-\lambda, \lambda_1, \ldots, \lambda_n$ sont des racines de l'équation $dz/d\zeta = 0$ et $p = 2 - \tau/\pi$ est peu différent de 2.

La vitesse complexe en un point ζ du profil d'aile est df/dz, mais, à la pointe, elle se présente sous forme indéterminée.

En appliquant la règle de l'Hospital nous trouvons, pour la vitesse résul-

---

[1] Séance du 20 août 1934.

tante à la pointe et pour sa direction ν par rapport à l'axe Ox,

$$V = p\left(\frac{\lambda}{a}\right)^{p-1} V_0 \left[\operatorname{mod} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)\right] \times \sqrt{1 + 2\left(1 - \frac{2}{p}\right) \operatorname{tang}(\alpha+\beta) \sin 4\beta + \left(1 - \frac{2}{p}\right)^2 \operatorname{tang}^2(\alpha+\beta)},$$

$$\nu = 2\beta - \frac{2-p}{p}(\alpha+\beta) - \operatorname{arc\,tang} \frac{\mathcal{R}\mathcal{I} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)}{\mathcal{R}\mathcal{R} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)},$$

avec β l'angle de portance nulle. Avec l'approximation usuelle

$$\cos(\alpha+\beta) \cong 1, \qquad \frac{2-p}{p}(\alpha+\beta) \cong 0, \qquad \operatorname{tang}^2(\alpha+\beta) \cong 0, \qquad \operatorname{tang}(\alpha+\beta)\sin 4\beta \cong 0,$$

nous obtenons finalement (si $\eta = 0,62 \div 0,77$, et $\varepsilon = e_m/l$)

$$V = \left(2 - \frac{\tau}{\pi}\right)(1 - \eta\varepsilon)^{1-\frac{\tau}{\pi}} V_0 \left[\operatorname{mod} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)\right]$$

et

$$\nu = 2\beta - \operatorname{arc\,tang} \frac{\mathcal{R}\mathcal{I} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)}{\mathcal{R}\mathcal{R} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)}.$$

Ces résultats nous montrent que la vitesse est constante pratiquement en grandeur et direction et ne dépend que des caractéristiques du profil.

Prenons $p = 2$ ou $\tau = 0$, ce qui correspond au profil avec l'angle nul à la pointe, la vitesse résultante et sa direction sont données par

$$V = 2(1 - \eta\varepsilon) V_0 \left[\operatorname{mod} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)\right]$$

et

$$\nu = 2\beta - \frac{\mathcal{R}\mathcal{I} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)}{\mathcal{R}\mathcal{R} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda+\lambda_n}\right)}.$$

Appliquons ceci à un profil expérimenté à Saint-Cyr, pour lequel

$$\lambda_1 = -\lambda, \qquad \lambda_2 = -\lambda_3 = 0,345\lambda e^{55^\circ i}, \qquad p = 2,$$

Le calcul précédent nous donne pour le coefficient unitaire de pression locale à la pointe du profil

$$C_p = 1 - \frac{4\lambda^2}{a^2}\left[\operatorname{mod} \prod_1^n \left(\frac{\lambda}{\lambda + \lambda_h}\right)\right],$$

et pour ce cas concret $C_p = 0,23$.

Cette valeur est très voisine de celle obtenue expérimentalement au voisinage de la pointe, étant entendu qu'il est matériellement impossible, à l'heure actuelle, d'effectuer cette mesure à la pointe elle-même.

Dans le cas du profil Joukowski, les formules précédentes se réduisent à

$$V = (1 - \eta\varepsilon)V_0,$$
$$\nu = 2\beta,$$

et l'on voit, en particulier, que la direction est celle de la tangente commune à l'extrados et à l'intrados.

Prenons comme exemple le profil Joukowski, caractérisé par $f/l = 0,05$ et $\varepsilon = 0,136$, étudié dans de nombreux laboratoires sous la désignation G. 430, S. C. 56, etc.

Le coefficient unitaire de pression locale à la pointe du profil Joukowski étant $C_p = 2\eta\varepsilon$, nous avons dans le cas concret $C_p = 0,21$, valeur peu éloignée de celle obtenue expérimentalement au voisinage de la pointe.

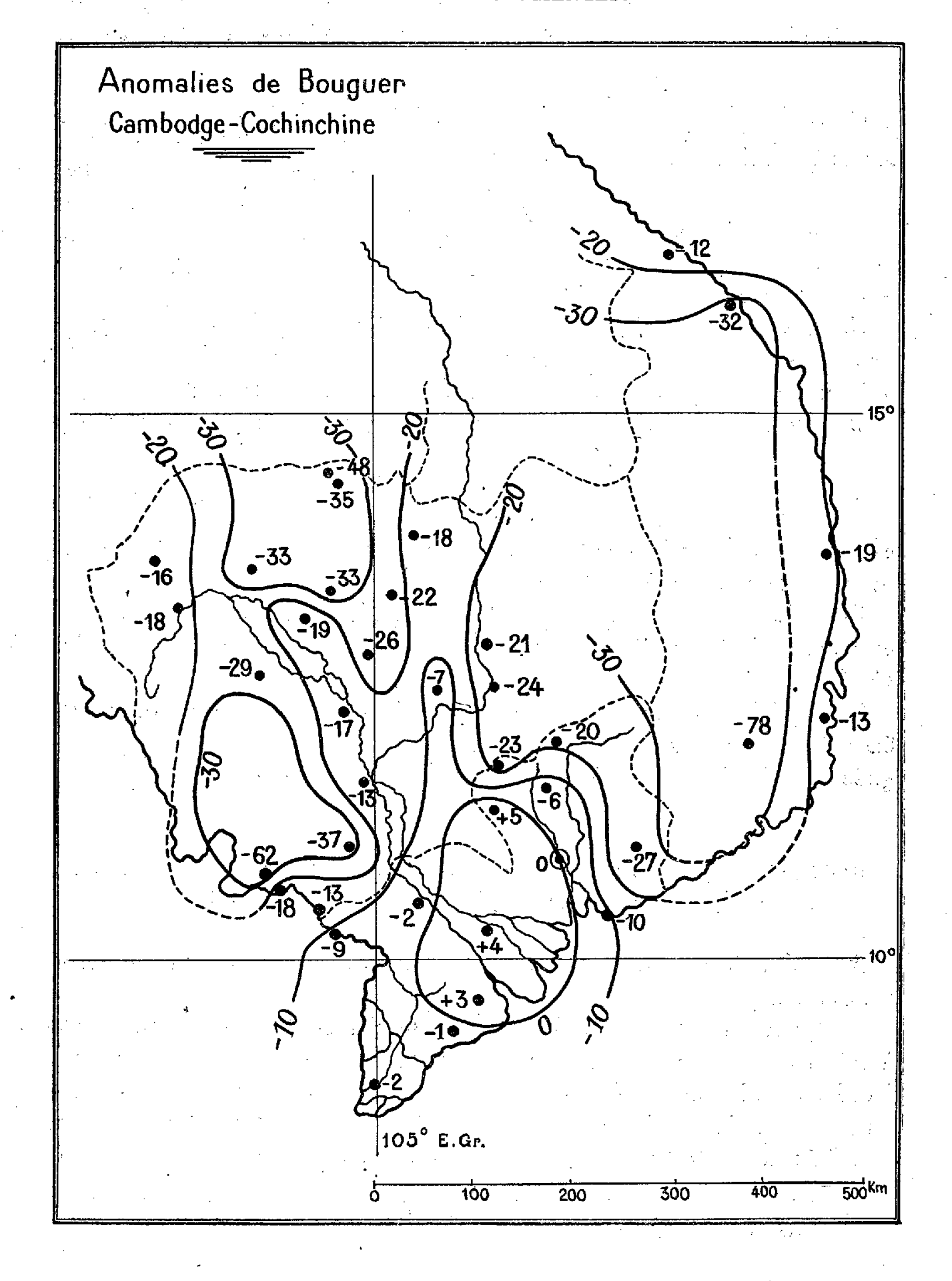
GÉODÉSIE. — *Anomalies de la gravité dans le sud de l'Indochine.* Note [1] de M. **Pierre Lejay**, présentée par M. Georges Perrier.

Au point de vue gravimétrique, le sud indochinois se divise en trois zones principales :

Au Centre, la vallée du Mékong où la gravité est légèrement inférieure à la normale (— 20 milligals); cette zone s'étend en appendice vers le Nord-Ouest le long du Tonlé Sap et s'élargit au Sud pour embrasser une large région d'anomalies légèrement positives s'étendant sur tout le delta.

A l'Est, les plateaux, les chaînes du Lang-Biang et du Darlac font sentir

(1) Séance du 20 août 1934.


Anomalies de Bouguer
Cambodge-Cochinchine
105° E.Gr.
15°
10°
0 100 200 300 400 500 Km

leur influence par des anomalies négatives importantes dont l'axe se dessine sensiblement parallèle à la chaîne annamitique.

A l'Ouest, la plaine médiane est dominée au Nord par la chaîne du Dang-Rek, à l'Ouest par les Cardamones, au Sud par la chaîne de l'Éléphant; elle est parsemée de sommets isolés dont quelques-uns atteignent un millier de mètres. Nous trouvons encore dans cette zone une bande d'anomalies négatives qui suit généralement la configuration superficielle, s'élargissant autour des montagnes, se resserrant dans la partie centrale, minima autour du Grand Lac.

Sur la carte ci-contre des anomalies de Bouguer, qui représente, comme on sait, en première approximation, l'action des couches profondes, il apparaît immédiatement que dans toute la région étudiée les soulèvements superficiels sont compensés par des masses sous-jacentes de faibles densités, mais, tandis que dans la Chine du Nord l'action de ces masses compensatrices se fait sentir à grande distance, elle est, ici, nettement localisée. Pour expliquer ce fait, on ne peut invoquer l'influence inverse de compensations océaniques, étant donné la faible profondeur de la Mer de Chine Méridionale et du Golfe de Siam (50^m).

MÉTROLOGIE ÉLECTRIQUE. — *Nouvelles comparaisons des étalons nationaux de résistance électrique*. Note de MM. **Albert Pérard** et **Miroslav Romanowski**, présentée par M. Paul Janet.

Nous avions exécuté en décembre 1932-janvier 1933 (jour moyen 30 décembre), un premier ensemble de comparaisons entre les étalons de résistance électrique de 1 ohm que nous avaient confiés quatre des grands laboratoires nationaux, et ceux du Bureau international. Le compte rendu de ces comparaisons et leurs résultats avaient été publiés dans deux Notes [1].

Un deuxième ensemble de comparaisons quelque peu simplifié a été repris en juin-juillet 1933 (jour moyen 6 juillet), par l'un de nous (P.) et par M. Michel Roux, à l'occasion du passage de quelques ohms de Varsovie.

Dans les derniers mois de 1933, disposant enfin des étalons de tous les grands laboratoires nationaux, nous avons entrepris un troisième ensemble

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1288; *Procès-Verbaux du Comité international des Poids et Mesures*, 2e série, **16**, 1933, p. 70.

très complet et très précis de comparaisons (jour moyen 29 novembre 1933), où sont intervenus tous les étalons énumérés plus loin.

La méthode utilisée pour les nouvelles comparaisons était encore celle du pont double de Thomson, telle qu'elle a été décrite dans les deux Notes rappelées ci-dessus. Les expériences ont été exécutées au voisinage immédiat de 20° et réduites exactement à cette température.

Le but de ces études étant principalement de suivre les rapports des unités des divers pays, il était nécessaire de connaître les valeurs attribuées par chaque laboratoire à ses propres étalons, valeurs exprimées dans l'unité-ohm particulière à chaque pays : Ω_A (Allemagne), Ω_E (États-Unis), Ω_F (France), Ω_G (Grande-Bretagne), Ω_J (Japon), Ω_U (U. R. S. S.). En raison de son éloignement, l'E. T. L. a seulement déterminé ses valeurs une fois avant nos trois études et une autre fois à la fin de tout l'ensemble. Tous les autres laboratoires ont pu exécuter des déterminations avant et après chacune de nos expériences. Pour connaître les valeurs de chaque laboratoire correspondant au moment même de nos expériences, nous avons interpolé proportionnellement au temps écoulé entre les deux déterminations du laboratoire encadrant une même étude effectuée au Pavillon de Breteuil.

En vue d'exprimer tous les résultats de nos travaux successifs, — qui n'avaient d'autre prétention que de donner des rapports, et non des grandeurs absolues, — nous avons fait choix, dès qu'il a été possible, de l'unité définie comme la moyenne de celles des six grands laboratoires nationaux représentés dans le Comité consultatif d'Électricité du Comité international : $\Omega_m^6 = 1/6(\Omega_A + \Omega_E + \Omega_F + \Omega_G + \Omega_J + \Omega_U)$.

Quoique les étalons des États-Unis n'aient pas participé à nos deux premiers ensembles d'expériences, on a pu, en s'appuyant sur des comparaisons faites par le N. B. S. en juillet et août 1932, rattacher toutes nos comparaisons, même celles de 1932, à l'unité américaine. Pour l'U. R. S. S., le rattachement à l'époque de nos premières expériences a été impossible; cependant, pour éviter, dans cette courte Note, la répétition de tableaux de nombres, différant entre eux d'une quantité constante, nous supposerons que l'unité U. R. S. S. est restée, depuis 1932 jusqu'à maintenant, dans le même rapport avec la moyenne des unités des cinq autres laboratoires, de façon à pouvoir exprimer la totalité de nos résultats dans cette même unité Ω_m^6, dont la grandeur n'est en réalité connue que depuis notre dernier travail. Ainsi pourra-t-on suivre, dans les deux tableaux ci-après, la marche des étalons et la faible évolution relative des diverses unités.

Valeurs successives des étalons à 20° C.

		30 décembre 1932.	6 juillet 1933.	29 novembre 1933.
PTR (Berlin)	R (3751)..	$1,000\,027_4\,\Omega_m^6$	$1,000\,023_0\,\Omega_m^6$	$1,000\,025_7\,\Omega_m^6$
	R″(2836)..	–	$1,000\,142_2$	$1,000\,141_9$
NBS (Washington)	S (85)....	–	–	$0,999\,507_0$
	S′ (86)....	–	–	$0,999\,506_1$
	S″ (87)....	–	–	$0,999\,496_3$
LCE (Paris)	C (7413)..	$1,000\,032_9$	$1,000\,033_3$	$1,000\,046_0$
	C′(3962)..	$1,000\,054_4$	$1,000\,054_2$	$1,000\,056_3$
NPL (Teddington)	N (645)...	$0,999\,973_4$	$0,999\,973_2$	$0,999\,973_3$
	N′(643)...	$0,999\,922_0$	$0,999\,922_1$	$0,999\,922_9$
ETL (Tokyo)	E (2906)..	$1,000\,079_6$	$1,000\,079_4$	$1,000\,079_4$
	E′ (2905)..	$1,000\,179_2$	$1,000\,179_0$	$1,000\,178_4$
IMS (Léningrad)	M (6).....	–	–	$0,999\,957_7$
	M′(8).....	–	–	$0,999\,946_4$
BNM (Varsovie)	V (7472)..	–	–	$0,999\,987_5$
	V′(7482)..	–	–	$1,000\,026_6$
BIPM	I_1 (7247)..	$1,000\,024_2$	$1,000\,027_5$	–
	I'_1 (7246)..	$1,000\,020_7$	$1,000\,035_0$	$1,000\,039_2$
	I_2 (7244)..	$1,000\,061_2$	$1,000\,065_8$	–
	I'_2 (7243)..	$1,000\,055_9$	$1.000\,066_2$	$1,000\,066_3$

Valeurs successives des unités nationales.

		30 décembre 1932.	6 juillet 1933.	29 novembre 1933.
Allemagne..........	$\Omega_A =$	$0,999\,995_4\,\Omega_m^6$	$0,999\,998_7\,\Omega_m^6$	$0,999\,998_4\,\Omega_m^6$
États-Unis..........	$\Omega_E =$	$0,999\,981_9$	$0,999\,982_4$	$0,999\,981_4$
France.............	$\Omega_F =$	$1,000\,061_8$	$1,000\,058_7$	$1,000\,060_8$
Grande-Bretagne....	$\Omega_G =$	$0,999\,984_2$	$0,999\,983_4$	$0,999\,982_6$
Japon..............	$\Omega_J =$	$0,999\,979_0$	$0,999\,979_1$	$0,999\,979_5$
U. R. S. S..........	$\Omega_U =$	–	–	$0,999\,997_3$

De ce dernier calcul, l'un des étalons français (C), reconnu instable, a été éliminé après coup.

Observations de M. **Paul Janet** *à propos de la Note précédente.*

Je tiens à attirer l'attention de l'Académie sur la Note précédente qui constitue l'une des premières manifestations de l'activité du Bureau international des Poids et Mesures dans le domaine des Unités électriques. On sait que, lors de sa création et pendant de longues années, les statuts du Bureau limitaient son activité aux mesures de longueur et de masse, et l'on

n'a pas oublié les magnifiques travaux qui ont été exécutés au Bureau dans ce domaine et dans ses annexes, en particulier dans la mesure des températures et des longueurs d'onde. Dès le Congrès des Électriciens en 1881, il avait été question d'étendre la compétence du Bureau aux Unités électriques. En 1882, J.-B. Dumas écrivait : « il resterait conforme à la pensée qui a présidé à la formation du Laboratoire de Breteuil s'il était chargé de vérifier les étalons de mesures électriques en contrôlant les copies de l'étalon pratique lorsqu'il sera définitivement adopté », mais la question n'était pas mûre et fut à plusieurs reprises ajournée : on se souvient que c'est uniquement à titre personnel et sans aucun caractère officiel que le regretté R. Benoît d'abord en 1885, puis en 1908 s'était occupé des étalons de l'ohm et s'était livré à ce sujet à d'importants travaux métrologiques dont les résumés seuls ont été publiés et dont je possède les développements détaillés qui m'ont été remis par l'éminent savant. La question de l'extension aux Unités électriques de l'activité du Bureau fut souvent soulevée au cours des réunions du Comité ou des Conférences internationales et toujours ajournée à cause de l'opposition de certains pays étrangers qui craignaient d'y voir une limitation à l'autorité de leurs propres Laboratoires nationaux. La France, au contraire, appuya toujours cette extension; notre regretté Confrère Mascart, en particulier, y attachait une grande importance, et, depuis sa disparition, j'ai, pour ma part, dirigé toujours mes efforts dans le même sens. C'est seulement à la Conférence internationale de 1921 qu'un faible succès put être obtenu. Ce succès se confirma et se développa à la conférence de 1927 par la création d'un Comité Consultatif d'Électricité fonctionnant auprès du Comité international. Ce Comité Consultatif, placé sous ma présidence, s'est déjà réuni à plusieurs reprises en 1928, 1930, 1932, 1933 et ses premiers travaux, soumis au Comité international des Poids et Mesures, ont été approuvés par la Conférence de 1933. Il est bien entendu que le Bureau international n'empiète nullement sur le rôle des Laboratoires nationaux : les importants travaux actuellement en cours dans ces Laboratoires ne pourraient être entrepris au Bureau international; celui-ci n'en a pas moins une mission de la plus haute importance en coordonnant et en centralisant ces travaux internationaux; la Note que je viens d'avoir l'honneur de présenter est le meilleur exemple de ce que doit être cette activité. S'étendra-t-elle plus tard à d'autres unités que les unités électriques, en particulier aux unités photométriques ? Comme cela s'est produit autrefois pour les unités électriques, une certaine opposition s'est manifestée à ce sujet au sein de la dernière

Conférence. Nous avons confiance que, le temps aidant, nos successeurs pourront vaincre cette opposition et contribuer ainsi à un nouveau développement d'un Établissement international de la plus haute valeur scientifique.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Anisotropie magnétique des acides gras.* Note de M. **Arcadius Piekara**, transmise par M. A. Cotton.

Nous avons signalé (1) quelques anomalies moléculaires des acides gras mises en évidence par des mesures de pouvoir inducteur spécifique. D'autre part S. Ramachandra Rao (2) avait montré que l'anisotropie optique de ces acides, contrairement à ce qu'on observe pour la plupart des autres liquides, décroît avec la température. Nous avions alors intérêt à examiner la biréfringence magnétique de quelques acides gras. Voici les résultats des mesures, effectués d'abord en commun avec M. A. Goldet, avec le grand électroaimant de l'Académie des Sciences et un montage optique déjà décrit (3), puis en commun avec M. R. Lucas, avec l'électroaimant spécial qu'il a disposé pour les mesures de biréfringence, à l'École de Physique et Chimie (4). b désigne les biréfringences, rapportées à celle du nitrobenzène (pour $t = 20°$ et $\lambda = 578\,\mu\mu$), prise égale à 100. Nous ne pensons pas que l'erreur sur ces nombres dépasse $\pm$ 0,03 (sauf l'acide isobutyrique, où il est peut-être plus grand).

Biréfringences magnétiques.

Liquide.	b $\lambda = 578^{\mu\mu}$.	b $\lambda = 436^{\mu\mu}$.	b d'après Chinchalcar (lumière blanche).
Acide acétique	1,5	2,2	1,29
» propionique	2,3	3,5	1,64
» *n*-butyrique	1,4	–	1,14
» isobutyrique	2,4	3,4	–
Anhydride acétique	1,5	1,7	–

Le tableau ci-dessus montre que la biréfringence magnétique des acides

(1) A. Piekara et B. Piekara, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1018.
(2) *Ind. Journ. of Phys.*, 3, 1928, p. 1.
(3) M. Schérer, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1934.
(4) R. Lucas, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2074.

gras ne varie pas régulièrement avec la longueur de la chaîne, comme on l'observe, par exemple, dans la série des hydrocarbures saturés normaux (cf. M. Schérer, *loc. cit.*). Les résultats qui avaient été obtenus par S. W. Chinchalcar [1], rappelés dans la dernière colonne, voisins des nôtres, mais plus petits, montraient de même une biréfringence plus forte pour l'acide propionique que pour les acides acétique et butyrique.

Nous avons examiné aussi la variation thermique de la biréfringence magnétique entre 20° et 80° pour l'acide acétique et l'anhydride acétique. Les résultats pour la lumière jaune, exprimés avec les mêmes unités que b, sont les suivants :

Acide acétique.............................. $\frac{\Delta b}{\Delta t} = -0,007$

Anhydride acétique........................ $\frac{\Delta b}{\Delta t} = -0,005$

On rencontre de très grandes difficultés lorsqu'on cherche à mesurer les variations de ces faibles biréfringences : des déterminations plus précises de ces rapports étaient naturellement impossibles.

Chinchalcar, pour calculer l'anisotropie magnétique des molécules, avait utilisé la formule de Langevin, laquelle, en supposant que les molécules possèdent un axe de révolution, prend la forme suivante :

$$C = \frac{(n^2-1)(n^2+2)}{20 n \lambda k T} \sqrt{\frac{\delta}{2}} \cdot \theta \left(\frac{A'}{\theta} - 1\right),$$

où $\delta = 2\,[(A - C/A + 2C)]^2$ est l'anisotropie optique de la molécule et $\theta = 1/3\,(A' + B' + C')$ sa susceptibilité magnétique. Cette formule permet de calculer l'expression A'/θ, qui donne une idée de l'anisotropie magnétique de la molécule. Dans le tableau ci-après se trouvent les résultats de ces calculs. C est la valeur absolue de la constante de Cotton-Mouton, n_D et χ sont l'indice de réfraction et la susceptibilité spécifique, données par les *International Critical Tables*, δ est la valeur de l'anisotropie optique, prise dans un travail de J. Ramakrishna Rao [2] sur la diffusion moléculaire de la lumière.

---

(1) *Ind. Journ. of Phys.*, 6, 1931, p. 165.
(2) *Ind. Journ. of Phys.*, 2, 1927, p. 61.

Anisotropies magnétiques.

Acide.	M.	b.	$C \times 10^{14}$.	n_D.	$-\chi \times 10^6$.	$-\theta \times 10^{28}$.	δ.	$\frac{A'}{\theta}$.
Acétique....	120	1,5	4,1	1,37152	0,526	1,04	0,0362	$0,94_5$
Propionique.	148	2,3	6,3	1,38736	0,587	1,43	0,0201	$0,92_1$
n-Butyrique.	176	1,4	3,8	1,39777	0,632	1,84	0,0165	$0,96_0$

Pour calculer l'anisotropie magnétique des particules qui s'orientent dans le champ, il faut connaître leur masse M (ce nombre intervenant dans le calcul de $\theta = \chi . M/N$). Pour les acides gras il semble préférable d'admettre (d'après les mesures cryoscopiques et l'allure des courbes de polarisation diélectrique) que les molécules sont associées deux à deux : c'est ce que nous avons fait dans le tableau ci-dessus.

Il serait essentiel de déterminer les anisotropies des molécules elles-mêmes. Dans ce but il faudrait mesurer toutes les grandeurs qui interviennent dans la formule de Langevin pour les solutions de différentes concentrations et à différentes températures. Cette méthode, couramment employée pour l'étude des moments dipolaires, s'appliquerait évidemment aux liquides possédant une assez grande biréfringence ([1]).

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'emploi de l'oscillographe cathodique pour l'étude de l'aimantation de substances ferromagnétiques.* Note ([2]) de MM. **Pierre Bricout** et **Robert Salomon**, transmise par M. Ch. Fabry.

On sait que les propriétés des alliages ferromagnétiques dépendent beaucoup de leur composition et du traitement thermique (trempe, recuit) auquel les échantillons ont été soumis. Cette particularité, qui a été déjà mise à profit pour comparer à un produit type des pièces semblables dont la fabrication doit être aussi régulière que possible, est susceptible d'applications industrielles très nombreuses à condition que les appareils mis en œuvre soient suffisamment simples et robustes pour pouvoir être confiés à

([1]) Nous avons déjà, dans cette direction, effectué quelques mesures sur le nitrobenzène [A. Goldet et A. Piekara, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 271; A. Piekara, *Journ. de Phys.* (sous presse)].

([2]) Séance du 20 août 1934.

des mains peu expérimentées dans le maniement des instruments de laboratoire.

Considérons deux transformateurs semblables dont les primaires connectés en série sont reliés à une distribution de courant alternatif à fréquence et potentiel constants et dont les circuits magnétiques sont constitués, à l'exception d'un entrefer, par les pièces de dimensions identiques à essayer. Bien que les ampères-tours magnétisants soient les mêmes pour chaque primaire, les forces électromotrices $-d\Phi/dt$ induites dans les secondaires sont en général différentes car les perméabilités magnétiques des échantillons ne sont pas le plus souvent des fonctions identiques du champ magnétisant par suite de petites différences de composition ou de traitement thermique, qui se trouvent ainsi décelées.

Pour étudier les forces électromotrices induites, il est particulièrement commode d'employer l'oscillographe cathodique. En effet, lorsqu'on utilise la déflection électrostatique du faisceau, les secondaires sont connectés directement aux plaques déviatrices qui constituent un condensateur de très faible capacité. Le courant de charge de celui-ci est extrêmement réduit de sorte que la force électromotrice de self-induction $-L\,di/dt$ développée dans les enroulements secondaires est tout à fait négligeable devant la f. e. m. d'induction $-d\Phi/dt$. Cette dernière grandeur peut donc être mesurée très exactement, ce qui serait impossible, pour la raison exposée plus haut, si l'on employait un instrument de mesure consommant un courant plus intense. De plus, l'absence d'inertie du faisceau électronique permet à l'instrument d'enregistrer fidèlement des perturbations de fréquence élevée telles par exemple que celles qui sont engendrées dans les pièces minces par les phénomènes de magnétostriction.

En utilisant un oscillographe à deux paires de plaques déviatrices situées dans des plans rectangulaires, on peut obtenir sans aucune pièce mobile des courbes directement utilisables dans la pratique. Il suffit de connecter une des paires de plaques aux bornes d'une résistance convenable sans self en série avec les primaires pour obtenir un balayage proportionnel à l'intensité du courant magnétisant. En connectant l'autre paire de plaques à l'un des secondaires on obtient sur l'écran de l'oscillographe une courbe fermée représentant la force électromotrice induite en fonction de l'intensité primaire au cours d'un cycle de magnétisation. Si, à l'aide d'un commutateur synchrone, cette connexion est effectuée alternativement au disque secondaire pendant un temps inférieur à la durée de persistance des impressions

lumineuses, on voit apparaître sur l'écran deux courbes qui ne se confondent que lorsque les échantillons essayés sont magnétiquement identiques.

Les différences sont décelées plus facilement en prenant des secondaires comportant un très grand nombre de tours montés en opposition et connectés à une paire de plaques. On obtient alors une courbe figurant, en fonction de l'intensité primaire, la différence des forces électromotrices induites. Celle-ci est évidemment une droite dans le cas de l'identité. Enfin, on peut à volonté amener telle ou telle particularité des courbes en une place commode pour l'examen en déplaçant la force électromotrice de balayage à l'aide d'un jeu de selfs et de condensateurs.

Nous avons réalisé un dispositif pratique convenablement protégé contre les variations de tension qui se produisent souvent sur les secteurs de distribution. Celui-ci nous a permis de distinguer très nettement des échantillons d'acier de composition identique dont les températures de recuit différaient de moins de 10° du voisinage de 800° C. Nous avons pu déterminer également la durée de recuit au bout de laquelle l'acier peut être considéré comme ayant atteint son état de régime au point de vue magnétique. Nous nous proposons d'entreprendre une étude systématique des relations existant entre le magnétisme des aciers et leur composition par un traitement thermique bien déterminé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Introduction à l'étude de la chimie du séléniure de diphénylène*. Note [1] de MM. **Charles Courtot** et **Abbas Motamedi**, présentée par M. M. Delépine.

Il était intéressant d'examiner la façon dont se comporterait la séléninone de diphényle vis-à-vis de l'amidure de sodium et de rechercher en particulier, dans les produits de la réaction, le séléniure de diphénylène, analogue du sulfure de diphénylène obtenu, comme on le sait, par une voie parallèle :

$C^6H^5-SO-C^6H^5 \rightarrow$ [diphénylène S] puis $C^6H^5-SeO-C^6H^5 \rightarrow$ [diphénylène Se]

I. *Préparation de la diphénylséléninone*. — A cet effet, le séléniure de

(1) Séance du 20 août 1934.

diphényle a été préparé selon la méthode de A. Schœller ([1]), par action du diazo de l'aniline sur le séléniure de potassium. Il se forme directement, dans nos conditions d'expérience (qui diffèrent sur certains points de celles de l'auteur allemand et dont le détail sera donné dans un autre Recueil), environ 60 pour 100 de diphénylséléniure et 40 pour 100 de diphényldiséléniure. Ce dernier corps, sous l'action de la chaleur, se décompose en diphénylséléniure et sélénium, si bien que, dans des opérations effectuées sur environ un demi-kilogramme d'aniline, le rendement en séléniure de diphényle, calculé sur l'aniline mise en œuvre, atteint en moyenne 90-95 pour 100 de la quantité théorique.

Le séléniure de diphényle, distillé plusieurs fois, se présente sous forme d'un liquide légèrement jaunâtre, bouillant à 147° sous 9^{mm} ([2]).

En maintenant la solution éthérée du séléniure de diphényle à 0°-3°, on fixe, sensiblement quantitativement, 2^{atm} de brome sur 1^{atm} de sélénium et le diphénylséléniure dibromé se présente en cristaux jaune orangé $f = 144°$ (corr.) ([3]).

Ce dérivé dibromé, traité à froid, par la soude à 15 pour 100, selon les indications de Kraffts et Vorster, donne naissance à la matière première cherchée : la diphénylséléninone, longues aiguilles prismatiques incolores, $f = 113°\text{-}114°$ après plusieurs recristallisations du benzène chaud.

II. *Obtention du séléniure de diphénylène.* — La solution benzénique bouillante de diphénylséléninone est traitée pendant 8 heures, par de l'amidure de sodium, en agitant constamment. On essore ensuite l'amidure de sodium en excès et on le lave plusieurs fois au benzène chaud.

Les solutions benzéniques sont réunies, lavées à l'eau, et le solvant est distillé. Lorsque le benzène est presque complètement éliminé, on obtient une huile rouge-brun, qui abandonne lentement une assez forte quantité de cristaux, constitués par de la diphénylsélénínone non transformée. On les essore, les lave à l'éther anhydre dans lequel ils sont insolubles. Le filtrat, débarrassé d'éther, est rectifié sous vide de 17^{mm}. Il passe, entre 127° et 130° une goutte d'huile à odeur de carbylamine; entre 130° et 145°, on isole du diphényle et un peu de diphénylséléniure; une beaucoup plus grande quantité de séléniure de diphényle est séparée vers 170° parce que ce com-

---

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 52, 1919, p. 1518.

([2]) KRAFFTS et VORSTER (*Ber. d. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 2818) décrivent ce composé sous forme d'huile incolore. Nous n'avons pu, malgré plusieurs rectifications soignées, dont une sur cuivre, lui faire perdre une légère pointe de jaune.

([3]) Nous confirmons le point de fusion observé récemment par BEHAGEL et SEIBERT, *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 812.

posé est retenu par les produits supérieurs. La température monte progressivement à 190°. Entre 190° et 215°, on isole le séléniure de diphénylène, sous forme de cristaux légèrement imbibés d'huile. On dissout ces cristaux dans l'alcool absolu, à chaud; ils reprécipitent par refroidissement, absolument incolores : ce sont de jolis petits prismes, $f = 74°,5$ (cor.). Le séléniure de diphénylène est très soluble dans l'éther à froid, assez soluble dans l'éther de pétrole 55°-65° ainsi que dans le benzène.

L'amidure de sodium resté sur le filtre est versé peu à peu sur de la glace pilée et après traitement approprié que nous décrirons ailleurs, on isole un peu d'aniline, du phénol et principalement de l'acide phénylsélénieux $C^6H^5 - SeO^2H$, $f = 122/124°$ (corr.)

III. *Dérivés du séléniure de diphénylène.* — Les propriétés du sélénium, dans le séléniure de diphénylène, se rapprochent beaucoup de celles de cet élément dans le séléniure de diphényle. En effet : *a*. Nous fixons deux atomes de chlore ou de brome dans des conditions identiques pour les deux corps. Le *dichlorure de diphénylèneséléniure* est jaune citron vif; le *dibromure* est rouge orangé, cristallisant en magnifiques aiguilles, de sa solution benzénique. Il fond, en se décomposant, à 121°,5 (corr.). Ces deux dérivés sont insolubles dans l'éther. La cyclisation produit, ici encore, un effet bathochrome. — *b*. Les atomes d'halogène sont plus labiles que dans le dérivé non cyclisé correspondant. Par action de la soude, même très diluée, à 3 pour 100, on isole la *diphénylèneséléninone*. Avec de la soude à 15 pour 100, employée en excès, on ne peut éviter la formation de séléniure de diphénylène avec obtention corrélative d'hypohalogénite alcalin, à côté de diphénylèneséléninone. La diphénylèneséléninone, précipitée d'une solution aqueuse par concentration de celle-ci, se présente en flocons blanc de neige, $f = 215-216°$. Elle est pratiquement insoluble dans l'éther, peu soluble dans le xylène, le toluène, le benzène, même à l'ébullition. — *c*. Une oxydation ultérieure de la diphénylèneséléninone, au moyen du permanganate de potassium [1], conduit à la *diphénylènesélénone*, corps qui cristallise en fines aiguilles blanches, du xylène bouillant, dans lequel elle est assez peu soluble cependant. Elle fond à 282°.

En dehors de la méthode que nous venons de faire connaître, on peut encore accéder au séléniure de diphénylène par action du sélénium sur la diphénylènesulfone.

Nous nous réservons l'étude de ces différents composés.

---

[1] Voir KRAFFTS et IYONO, *Ber. d. chem. Ges.*, 29, 1896, p. 424.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la répartition verticale de la température en forêt.* Note [1] de M. **Paul Seltzer**, transmise par M. Ch. Maurain.

Les mesures de température effectuées dans la forêt de Haguenau [2] ont donné les résultats suivants relatifs à la répartition verticale de la température.

I. *Type diurne.* — Les profils thermométriques diffèrent nettement selon que les arbres sont nus ou garnis de feuilles.

Dans le premier cas, le maximum de température est observé au niveau du sol; les branches ne donnent lieu, vers le milieu de la journée, qu'à une faible augmentation de la température de l'air, qui se traduit par un gradient voisin de l'isothermie dans la moitié inférieure des couronnes; il est rare d'observer un maximum relatif dans les couronnes.

Ce maximum devient au contraire la règle générale lorsque les arbres sont garnis de feuilles, que par conséquent les couronnes constituent le « sol effectif principal ». Le maximum apparaît en moyenne environ 2 heures après le lever du soleil, et disparaît environ 2 heures avant son coucher. Il l'emporte généralement sur le maximum près du sol, sauf vers le milieu de la journée, où les rayons solaires pénètrent le plus à l'intérieur de la forêt, provoquent par conséquent un échauffement de l'air à partir du sol.

Le niveau auquel se produit le maximum des couronnes accuse une oscillation très régulière au courant de la journée. Au moment de son apparition, il est localisé à la hauteur des sommets des arbres; il s'abaisse progressivement jusqu'au niveau moyen des couronnes, vers 13^h ou 14^h, et remonte ensuite jusqu'à leur niveau supérieur, où il disparaît. Ce fait trouve encore son explication dans l'incidence, plus ou moins voisine de la normale, des rayons du soleil.

II. *Type nocturne.* — La nuit, la répartition verticale de la température est la suivante : inversion au-dessus des couronnes, léger maximum à la base des couronnes, inversion au-dessous.

Malgré la protection qu'offrent les couronnes aux végétaux se trouvant près du sol, ceux-ci se refroidissent légèrement au-dessous de la tempéra-

---

(1) Séance du 13 août 1934.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 435

ture de l'air ambiant, et donnent lieu à la formation de l'inversion sous les couronnes.

Les différences de température entre les feuilles et l'air au même niveau, ont été mesurées à l'aide de couples thermoélectriques. Par vent calme et ciel à moitié couvert par Ci (25 mai 1934, 20^h45^m), l'écart était de $-2^\circ,5$ pour une feuille placée au sommet des couronnes, alors qu'il n'était que de $-0^\circ,4$ pour une autre se trouvant sous les couronnes, à 1^m du sol. L'inversion sous forêt ne saurait donc être forte.

Des mesures simultanées sous forêt et hors forêt ont donné les valeurs suivantes pour la température de l'air entre le sol et 2^m :

	$0^m,10$.	$0^m,50$.	1^m.	$1^m,50$.	2^m.
Forêt	12°,5	12°,5	12°,7	12°,9	13°,1
Pré	7°,3	10°,1	11°,2	11°,6	11°,7

Les deux stations se trouvaient à 50^m de part et d'autre de la lisière d'une forêt de pins d'une quinzaine de mètres de haut (mesures du 11 avril 1934, à 18^h05^m; nébulosité 3 par Ci, vent calme).

Sous forêt : 1° la température est plus élevée; 2° le gradient est moins fort que hors forêt.

L'action protectrice de la forêt sur les jeunes plants au voisinage du sol est donc double; à la différence de température de l'air s'ajoute le fait que les couronnes empêchent les plantes de se refroidir notablement au-dessous de la température de l'air ambiant.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la formation de l'adrénaline dans la glande surrénale. Rôle des lipides et lipoïdes dans l'adrénalogenèse.* Note [1] de MM. **Jacques-Émile Abelous** et **René Argaud**, présentée par M. Desgrez.

On sait que le cortex surrénal est particulièrement riche en lipides et lipoïdes (cholestérine et ses éthers, phosphatides, lipochromes, carotène).

D'autre part, l'expérience a montré que des deux parties de la glande, c'est le cortex qui est indispensable à la vie.

Récemment, les travaux de physiologistes des États-Unis, ceux, en particulier de Swingle et Pfiffner, semblent avoir établi que les injections des extraits par l'alcool et les solvants des lipides et lipoïdes, de la cortico-

---

(1) Séance du 13 août 1934.

surrénale, débarrassés de toute trace d'adrénaline, pouvaient prolonger notablement la survie des animaux privés de leurs surrénales, rétablir l'équilibre nutritif perturbé et améliorer considérablement les symptômes de la maladie d'Addison.

Enfin, ces mêmes extraits ont une action hyperglycémiante plus intense et beaucoup plus durable que celle de l'adrénaline elle-même, sans que cet effet soit en rapport avec la présence d'adrénaline dans ces extraits (Zwemer et Sullivan, Britton et Silvette, Mlle Régnier et H. Simonnet).

Nous avons préparé nos extraits de la manière suivante : 100^g de pulpe corticale de surrénales de cheval sont mis à macérer dans 10 volumes d'alcool à 95°C. L'extrait obtenu, après filtration. est évaporé dans le vide à la température de 35-40°.

Le résidu est repris par du toluène. On filtre; le filtrat est distillé dans le vide à 40°. Le résidu est repris par l'éther de pétrole et soumis à plusieurs épuisements par de l'eau très légèrement alcaline pour éliminer toute trace d'adrénaline. L'éther de pétrole est déshydraté et l'extrait est conservé à la glacière dans des flacons remplis jusqu'au bouchon.

Le résidu de la pulpe corticale qui a macéré dans l'alcool est épuisé par l'éther à plusieurs reprises. Après desséchement, le résidu est épuisé par l'alcool absolu dans un appareil de Kumagawa. On obtient ainsi une poudre complètement débarrassée des lipides et lipoïdes.

Expériences. — A. 1^g de poudre corticale ainsi préparée est introduit dans un flacon de 500^{cm^3} avec 50^{cm^3} d'une solution N/50 de soude. On ajoute 25^{cm^3} de ligroïne pure.

B. Dans un flacon de même capacité, on introduit 50^{cm^3} de solution sodique N/50 et 25^{cm^3} d'extrait éthéro-pétrolique des lipoïdes corticaux.

C. Enfin un troisième flacon renferme 1^g de poudre corticale, 50^{cm^3} de solution alcaline et 25^{cm^3} d'extrait ligroïnique des lipoïdes.

Les trois flacons sont soumis à l'agitation pendant 4 heures à la température de 22-24°; après quoi, on neutralise chacun des lots avec un peu d'acide sulfurique au 1/10e. Les protides sont précipités. On filtre sur papier mouillé. Le filtrat est traité par un peu de carbonate de plomb en poudre pour éliminer l'excès d'acide. On filtre ou l'on centrifuge, et l'on dose l'adrénaline dans les trois lots par la méthode de Comessati et par celle de Zanfrognini.

	Adrénaline.
A.	–
B.	–
C.	$0^g,004$

La quantité d'adrénaline formée varie d'ailleurs avec la durée de l'agitation et la vitesse de réaction est aussi fonction de la température.

	Adrénaline.
	g
3 heures	0,0020
3 heures 15 minutes	0,0029
3 heures 30 minutes	0,0034
4 heures	0,0040
4 heures 15 minutes	0,0050
30 minutes d'agitation à la température de 35°	0,0035

D'où provient l'adrénaline qui n'apparaît que dans le mélange de poudre corticale et d'extrait éthéré de ses lipoïdes? Cette adrénaline préexistait sans doute dans l'extrait éthéré en combinaison dissociable, car si l'on abandonne ces extraits seuls au-dessus d'une couche d'eau légèrement alcaline dans des ampoules à décantation, on voit au bout de 2-3 jours l'eau se colorer en rose. Si l'on renouvelle le bain alcalin, il se colore de nouveau et ainsi de suite. Enfin des extraits ainsi abandonnés pendant 1 à 2 mois, décantés et agités avec une solution cinquantinormale de soude donnent une émulsion qui, passée sur un filtre mouillé, laisse égoutter un liquide nettement coloré en rouge et dans lequel l'adrénaline peut être facilement décelée, chimiquement et physiologiquement.

La formation rapide d'adrénaline dans le mélange de poudre corticale, d'extrait éthéré et de solution alcaline est l'effet d'une action catalytique exercée par la substance corticale.

Nous avons constaté que les nucléoprotéides de la poudre corticale délipoïdée produisaient les mêmes effets :

Avec ces nucléoprotéides, nous avons pu obtenir dans une série d'expériences 3^{mg}, $3^{mg},5$ et 4^{mg} d'adrénaline.

Nos expériences montrent donc le rôle important que jouent les lipoïdes du cortex dans la formation de l'adrénaline.

La présence dans les extraits de ces lipoïdes de combinaisons dissociables adrénalo-lipoïdiques permet d'expliquer les effets favorables de leur injection aux animaux privés de leurs glandes surrénales et sur les troubles de la maladie d'Addison. Il se fait dans l'organisme une dissociation graduelle de ces complexes qui équivaut à une injection lente, continue d'adrénaline à toutes petites doses, conditions essentielles pour de bons effets.

ZOOLOGIE. — *Sur une Écrevisse américaine pullulant aux portes de Paris.* Note de M. **Marc André**, présentée par M. Charles Gravier.

Cette année (1934), vers la mi-août, la presse quotidienne a signalé qu'au pont de Charenton, le long du canal de Saint-Maurice, à l'endroit où la Marne vient se jeter dans la Seine, des Écrevisses pullulaient en telle quantité que les Parisiens pouvaient les pêcher à la ligne.

J'ai recueilli dans cette localité, à l'époque indiquée, un certain nombre de ces Crustacés et j'ai reconnu que, si, à première vue, ils ressemblent beaucoup à l'Écrevisse à pattes blanches (*Astacus pallipes* Lereboullet), en réalité ils n'appartiennent même pas au genre *Astacus* Fabricius, 1775 (= *Potamobius* Leach, 1819), mais doivent être classés dans le genre Américain *Cambarus* Erichson, 1846.

Spécifiquement ils se rapportent au *C. affinis* Say (= *limosus* Rafinesque).

Cette espèce, qui habite les lacs Erié et Supérieur et les fleuves de l'Est des États-Unis (Delaware, Susquehannah, Potomac), a été importée en Europe d'abord par un pisciculteur réputé, Max von dem Borne, en 1890 dans des étangs de la Mietzel, affluent de l'Oder (dans le Brandebourg), et de là elle a peuplé tous les cours d'eau allemands en communication avec cette rivière.

En France, des essais d'acclimatation avaient été tentés en 1896 par Raveret-Wattel à la station aquicole du Nid-de-Verdier, près Fécamp, mais sans résultats concluants.

Plus récemment, on avait observé un cas où la tentative avait été couronnée de succès. En 1924, M. le Professeur L. Léger (1), Correspondant de l'Institut, a signalé qu'au voisinage de Vierzon, dans le Cher, on trouve une quantité considérable de *C. affinis*, qui proviennent d'un déversement fait par un amateur quelque temps avant la guerre de 1914 et qui s'y sont acclimatés et multipliés.

En 1925, M. Léger (2) a pu obtenir la reproduction de cette espèce en captivité dans des bassins d'élevage.

En 1932, j'avais recueilli moi-même, le 4 septembre, dans la Seine,

(1) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1205.

(2) *Assoc. franç. avanc. Sc., Grenoble*, 49e *sess.* [1925], 1926, p. 394.

à Juvisy, un *C. affinis* (long de 68mm), et en 1933, j'avais reçu de M. C. Angelier un exemplaire (de 92mm) capturé, le 9 novembre, dans la Marne, à Créteil.

L'étude comparative de ceux que j'ai pêchés en ce mois d'août 1934, d'Alfort à Charentonneau, tant sur les bords de la Marne que sur ceux du canal de Saint-Maurice, m'a donné à penser que ces Crustacés se sont certainement reproduits sur place, car j'ai trouvé à la fois des individus très jeunes dont la longueur ne dépassait pas 31 à 32mm (de l'extrémité du rostre à celle du telson), des échantillons moyens qui mesuraient 50 à 60mm, et enfin des spécimens qui avaient une dimension de 80 à 90mm, permettant de les considérer comme parvenus à un stade voisin de l'âge adulte, la taille ordinairement atteinte par cette espèce étant de 110 à 120mm.

J'ai examiné le contenu stomacal de quelques-uns des *Cambarus* capturés et je n'y ai observé que des débris végétaux de toute sorte, mais rien qui autorise à supposer que ces soi-disant Écrevisses trouvent en cet endroit une nourriture animale de nature à expliquer leur pullulation anormale de cette année (1).

Quant à l'origine de ces Crustacés, qui se sont ainsi multipliés, elle est vraisemblablement due à une migration : les *Cambarus*, qui sont des animaux fouisseurs, possèdent, comme d'ailleurs nos *Astacus* indigènes, un instinct qui les pousse à voyager et qui est si fort que ces Crustacés, capables de vivre un certain temps hors de l'eau, peuvent abandonner un habitat qui cesse de leur convenir et prendre au besoin la voie de terre pour aller à la recherche de berges plus hospitalières.

SÉROLOGIE. — *Recherches sur le pouvoir complémentaire des sérums sanguins.* Note (2) de M. **Maurice Doladilhe**, transmise par M. F. Mesnil.

On sait (3) que les sérums sanguins exercent, sous certaines conditions, une action dispersante sur les granules de nombreux hydrosols colloïdaux (extraits d'organes, gommes, résines, etc.) et qu'il existe une relation entre ce pouvoir de dispersion et le pouvoir complémentaire. Au

---

(1) Un pêcheur m'a affirmé en avoir recueilli 1300 dans une seule journée.
(2) Séance du 20 août 1934.
(3) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1189.

cours de recherches dont nous publierons le détail ultérieurement, nous avons constaté, en effet, que, toutes autres choses égales, l'action d'hémolyse exercée par un sérum quelconque sur des globules rouges sensibilisés augmente à mesure que croît son pouvoir de dispersion, passe par un maximum, puis s'annule. En sorte que le pouvoir complémentaire d'un sérum sanguin dépend de l'intensité de son action dispersante et présente, vis-à-vis de celle-ci, le phénomène de zone.

Nous avons montré aussi (¹) que l'augmentation de la concentration des ions hydrogène, accompagnée de la diminution judicieuse de celle des électrolytes sériques, permet d'amener le groupe des globulines à son optimum de floculation et de le séparer ainsi, en totalité, du groupe des albumines. Si la séparation est parfaite, on constate que le groupe des albumines est dénué de tout pouvoir complémentaire alors que le groupe des globulines hémolyse les globules rouges sensibilisés, *avec beaucoup moins d'intensité*, toutefois, et, toutes autres choses égales, que le sérum total. Or ce pouvoir complémentaire du groupe des globulines est conditionné par le groupe des albumines. En effet l'addition, à une quantité déterminée de globulines, de quantités croissantes du groupe des albumines (provenant du même sérum ou d'un sérum étranger), modifie profondément l'intensité de son pouvoir complèmentaire. Ce dernier, très faible pour les globulines seules, augmente, toutes autres choses égales, à mesure que croît la quantité du groupe des albumines qu'on ajoute, passe par un maximum, diminue, puis s'annule et présente donc le phénomène de zone.

Nous avons montré (¹) que le groupe des albumines, seul constituant sérique, doué, en milieu isotonique, du pouvoir de dispersion, conditionne l'état physicochimique des globulines auxquelles il est additionné. Cette influence est d'autant plus nette, toutes autres choses égales, qu'est plus élevé le rapport albumine/globuline, ou, pour une quantité déterminée du groupe des albumines, qu'est plus grand son pouvoir de dispersion.

Elle se traduit, en particulier, par un décalage du graphique de floculation du mélange vis-à-vis des colloïdes et par une modification de la stabilité des globulines en eau distillée. Le chauffage préalable du groupe des albumines augmente son pouvoir de dispersion et, par conséquent, toutes autres choses égales, accroît l'influence qu'il exerce sur le groupe des globulines.

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1884.

Or, si le groupe des albumines a subi un chauffage préalable, le graphique qui représente la variation du pouvoir complémentaire des mélanges, en fonction de la quantité d'albumine additionnée, est décalé en avant de celui relatif aux mélanges identiques dans lesquels le groupe des albumines n'a pas été chauffé. En d'autres termes, le chauffage préalable du groupe des albumines diminue, toutes autres choses égales, la quantité de ces protéines qu'il faut additionner à une même quantité du groupe des globulines pour obtenir un mélange de pouvoir complémentaire déterminé.

C'est ce que montrent, en exemple, les chiffres rapportés dans le tableau suivant, qui donnent la fraction de 1^{cm^3} de globules rouges de mouton à 5 pour 100, sensibilisés par du sérum antimouton, qu'hémolysent en 30 minutes des mélanges isotoniques de solutions de globulines et d'albumines de cobaye, contenant la même concentration de solution de globulines et des concentrations croissantes de solutions d'albumines non chauffées ou chauffées 25 minutes à 53°; le volume de chaque mélange est de 3^{cm^3}.

Albumines non chauffées, en °/₀....	0	5	10	15	20	35	50
Fraction hémolysée................	0,19	0,30	0,97	0,60	0,54	0,12	0
Albumines chauffées, en °/₀........	0	5	7,5	10	20	25	35
Fraction hémolysée................	0,19	0,58	0,96	0,42	0,09	0	0

Ainsi, le pouvoir complémentaire d'un sérum sanguin est la propriété du groupe de ses globulines totales. L'intensité avec laquelle il s'exerce dépend, toutes autres choses égales, de l'état physicochimique de ces protéines, lequel est lui-même conditionné par le groupe des albumines. Nous continuons ces recherches.

MICROBIOLOGIE. — *Un nouveau milieu de culture particulièrement favorable au développement et à l'entretien de la virulence du* B. typhi murium. Note de Mlle **Mathilde Zirnhelt**, transmise par M. F. Mesnil.

C'est en faisant des recherches en vue de faciliter l'emploi du *B. typhi murium*, que l'on utilise en grand pour la destruction des rongeurs nuisibles, qu'il m'a été donné de constater que les graines de certaines Graminées constituent un terrain de culture particulièrement favorable au développement de cette bactérie et à la conservation de son pouvoir pathogène. Dans la pratique actuelle, c'est l'intéressé lui-même qui doit diluer le virus, livré en suspension concentrée dans l'eau de son, et en imprégner les graines servant d'appât infectant. Les appâts préparés au moment de s'en

servir doivent être distribués sans retard dans les endroits infestés par les Rongeurs, car le *B. typhi murium*, exposé à la concurrence vitale des germes qu'il rencontre sur les graines non stérilisées et dans le milieu extérieur, peut perdre assez vite son activité pathogène. Cela étant donné, je m'étais proposé de voir si, en imprégnant de virus des graines stérilisées et conservées à l'abri de toute souillure, on n'arriverait pas à obtenir un matériel infectant directement utilisable, ce qui éviterait, en même temps, toutes les manipulations que comporte la préparation des appâts, au moment de s'en servir. Toute la question, en somme, était de savoir si le *B. typhi murium*, conservé sur les graines stérilisées, gardait sa vitalité et son activité pathogène au moins autant et pendant aussi longtemps que dans les suspensions de virus actuellement en usage. Or, à l'occasion de nombreux essais d'infection de Rongeurs (rats, souris et campagnols notamment) pratiqués de semaine en semaine, j'ai constaté que les graines stérilisées imprégnées de virus acquièrent, en quelques jours, et gardent, pendant de longs mois, un pouvoir infectant bien supérieur à celui des suspensions diluées ayant servi à l'imprégnation; cela ne peut s'expliquer qu'en admettant que le *B. typhi murium* trouve dans les matières azotées et hydrocarbonées, dont les graines des Graminées sont si riches, un terrain de culture particulièrement favorable à son développement et à l'entretien de son pouvoir pathogène. Cette explication, confirmée par l'examen microscopique qui montre un développement considérable de bactéries à l'intérieur même des graines, m'a amenée à étudier méthodiquement le comportement du *B. typhi murium* ensemencé dans les graines de différentes Graminées (avoine, orge, seigle, blé et riz) afin de pouvoir choisir celle, parmi ces graines, capable de donner les meilleurs résultats dans la pratique de la destruction des Rongeurs.

Il est de toute évidence que, pour être utilisées comme milieu de culture, les graines doivent être stérilisées en présence d'un excipient liquide qui les pénètre, les ramollit et rend les substances nutritives qu'elles renferment plus facilement assimilables par les bactéries. Mes premiers essais sur des graines imprégnées d'eau physiologique donnèrent des résultats bien médiocres. Le *B. typhi murium* ne s'y développe que péniblement et son pouvoir infectant est pratiquement nul, surtout pour le rat gris qui est, parmi les rongeurs sensibles, le plus résistant à l'action pathogène du virus. Cultivé par contre sur les graines imprégnées de bouillon peptoné ordinaire, ajusté à un pH 8,2, qui constitue à lui seul un milieu assez bon pour la culture, mais bien médiocre pour l'entretien de la virulence du *B. typhi*

murium, j'ai obtenu, notamment avec les grains de seigle, des résultats qui ont de beaucoup dépassé mes prévisions. Pour obtenir des cultures aussi riches que possible et douées au maximum de leur pouvoir infectant, il est indispensable que, pendant la stérilisation (une demi-heure à l'autoclave à 120°), la totalité du bouillon ajouté aux graines soit complètement absorbée par celles-ci. Le *B. typhi murium* est une bactérie aérobie obligée et tout excès de liquide, faisant obstacle à l'aération des graines, réduit considérablement le développement des germes dans leur intérieur.

Quant aux différentes Graminées sur lesquelles ont porté mes recherches, je dirai de suite que le blé et le riz, que la stérilisation en milieu liquide transforme en une pâte conglomérée, épaisse et collante, sont inutilisables. Sur l'avoine, l'orge et le seigle, par contre, dont les graines restent séparées, à la stérilisation, le *B. typhi murium* se développe abondamment dans toute l'épaisseur du milieu, aussi bien à la surface qu'à l'intérieur des graines, qu'il envahit complètement dans les 24 à 48 heures, grâce à la mobilité dont il est doué. C'est notamment à l'intérieur du seigle que le développement microbien est particulièrement abondant, et il est manifeste, d'après les résultats des expériences de laboratoire et de nombreuses applications pratiquées depuis plus d'un an dans les endroits infestés par les Rongeurs, que c'est dans les grains de seigle que le *B. typhi murium* atteint et garde bien plus longtemps que dans l'avoine et l'orge le maximum de son pouvoir infectant. Qu'il me suffise de rappeler à ce sujet que dans un de mes derniers essais, des souris qui à la date du 20 juillet 1934 avaient mangé chacune un grain de seigle provenant d'une culture ensemencée plus de 17 mois auparavant, le 14 février 1933, ont contracté une maladie mortelle en 5 et 7 jours; des rats infectés avec 15 et 20 grains de la même culture sont morts entre le 7e et le 9e jour, alors que les rats et les souris infectés, dans les mêmes conditions, avec des grains provenant de cultures d'avoine et d'orge, ensemencées à la même date, ont résisté. Les cultures de *B. typhi murium* dans les grains de seigle, obtenues d'après la méthode que je viens d'indiquer, par les propriétés infectantes qu'elles possèdent et par la facilité de leur application à la destruction des Rongeurs nuisibles, présentent donc un réel avantage sur les suspensions de cette bactérie dans l'eau de son actuellement en usage.

La séance est levée à 16h25m.

A. Lx.

ADDENDUM.

(Séance du 20 août 1934.)

Note de M. *Maurice d'Ocagne*, Sur une équation indéterminée d'ordre quelconque :

Page 470, ajouter le dernier alinéa suivant :

Si l'on fait $u=1$, $v=-1$, Ω_n prend la valeur ω_n donnée par

$$\omega_n = 2^n - \frac{n-1}{1}2^{n-2} + \frac{(n-2)(n-3)}{1.2}2^{n-4} - \ldots + (-1)^q \frac{(n-q)(n-q-1)\ldots(n-2q+1)}{1.2\ldots q} q^r.$$

Dans ce cas, $z=1$, $t=0$, et la dernière équation devient

$$1 = (\omega_{n-1} - \omega_{n-2})^2,$$

d'où

$$\omega_{n-1} - \omega_{n-2} = 1,$$

ce qui, de proche en proche, en partant de $\omega_0 = 1$, donne

$$\omega_{n-1} = n.$$

Cette curieuse identité arithmétique ne serait sans doute pas facile à vérifier directement.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 SEPTEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau deux volumes intitulés : Sophus Lie. *Gesammelte Abhandlungen.* Erster Band. *Geometrische Abhandlungen.* Erste Abteilung, herausgegeben von Friedrich Engel und Poul Heegaard; *Anmerkungen zum ersten Bande*, herausgegeben von Friedrich Engel und Poul Heegaard.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la notion d'équation différentielle.* Note (1) de M. **S. K. Zaremba**, transmise par M. Élie Cartan.

Tout ce qui suit se rapporte à un plan que nous supposerons choisi une fois pour toutes. Nous appellerons *pinceau de droites* tout ensemble de droites passant par un point (que nous appellerons le *sommet* du pinceau) et correspondant d'une façon continue et univoque aux nombres d'un intervalle fermé. Si le pinceau de droites contient toutes les droites du plan qui passent par son sommet, nous l'appellerons *complet*; dans le cas contraire il sera dit *incomplet*.

Nous appellerons *champ* (N) toute fonction faisant correspondre à tout

---

(1) Séance du 27 août 1934.

point d'une région du plan [que nous appellerons la *région* du champ (N) respectif] un pinceau de droites ayant ce point pour sommet, la correspondance en question étant supérieurement semi-continue par rapport à l'inclusion ([1]). Les points de la région du champ (N) où le pinceau de droites est complet seront dits *singuliers*, les autres *réguliers*. L'ensemble des points singuliers d'un champ (N) est donc fermé par rapport à la région de ce champ; au contraire, l'ensemble des points réguliers est ouvert par rapport à la même région.

Un arc simple ou orbe de Jordan sera dit *caractéristique* d'un champ (N) s'il est situé dans la région de ce champ et si en chacun de ses points son paratingent ([2]) est contenu (au sens large, bien entendu) dans le pinceau de droites de ce champ au même point. Nous désignerons finalement par le nom d'*équation au paratingent* déterminée par un champ (N) la condition à laquelle doivent satisfaire les arcs simples et les orbes de Jordan pour être des caractéristiques de ce champ.

En leur appliquant la notion de distance paramétrique ([3]), nous remarquerons que les arcs simples et les orbes de Jordan situés dans le plan forment un espace ($\mathcal{D}$) de M. Fréchet ([4]). On démontre facilement qu'un arc étant la limite d'une suite de caractéristiques d'un champ (N), à condition d'être contenu dans la région de ce champ, est encore une caractéristique de celui-ci. Tout arc de caractéristique dont tous les points, les extrémités y comprises, sont des points réguliers du champ (N) considéré, est évidemment rectifiable. Considérons donc relativement à un champ (N) quelconque l'ensemble des caractéristiques ayant une longueur fixe suffisamment petite et passant par un point régulier arbitrairement choisi à l'intérieur de la région de ce champ; cet ensemble sera fermé. La même remarque s'applique à l'ensemble des points situés sur ces caractéristiques.

Il est clair que si les pinceaux de droites d'un champ (N) sont contenus dans les pinceaux respectifs d'un autre champ (N) dont la région contient celle du champ primitif, les caractéristiques de celui-ci figurent toutes parmi celles du second champ. D'ailleurs, si un champ (N) est continu et

---

([1]) Cf. par exemple G. Bouligand, *Introduction à la géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1932, p. 75.

([2]) *Loc. cit.*, p. 72.

([3]) Voir, par exemple., W. Wilkosz, *Les propriétés topologiques du plan euclidien*, p. 50-51, Paris, 1931.

([4]) Cf. M. Fréchet, *Les espaces abstraits*. Paris, 1928, p. 60 et suiv.

si son pinceau de droites ne se réduit en aucun point à une seule droite, nous obtenons par des procédés élémentaires une infinité de caractéristiques de ce champ qui passent par un point régulier arbitrairement choisi à l'intérieur de sa région; il suffit pour cela de construire des lignes polygonales appropriées.

Nous allons maintenant démontrer, pour un champ (N) absolument quelconque, l'existence d'une caractéristique au moins passant par n'importe quel point régulier pris à l'intérieur de la région de ce champ. A cet effet, en nous appuyant sur des considérations analogues à celles qui servent à démontrer le théorème de Baire sur les fonctions semi-continues, nous remarquerons la possibilité de former une suite de champs (N) tendant vers le champ donné, telle que la remarque précédente puisse être appliquée à chaque champ de cette suite et que le pinceau de droites de chaque champ de la suite considérée contienne en chaque point le pinceau correspondant du champ suivant de la même suite. Formons la famille des ensembles de toutes les caractéristiques de chaque champ de la famille considérée passant par le point initial donné et ayant une longueur fixe, supposée suffisamment petite. D'après ce que nous avons vu précédemment, on peut appliquer à cette famille le théorème de Cantor (généralisé). On en déduit l'existence d'un élément au moins commun à tous les ensembles de la famille mentionnée. Or un tel élément est une caractéristique du champ primitivement considéré.

Nous appellerons *arcs sans contact* d'un champ (N) les arcs simples de Jordan contenus dans la région de ce champ et tels que leur paratingent n'ait en aucun point des éléments communs avec le pinceau de droites du champ considéré. Soit P un point régulier arbitrairement choisi à l'intérieur de la région d'un champ (N) quelconque. Par le point P il passe évidemment une infinité d'arcs sans contact (s). Si deux arcs de caractéristiques admettent le point P pour extrémité commune, tout en étant situés de deux côtés différents de l'un quelconque des arcs (s), la réunion des deux arcs considérés donne encore une caractéristique.

On en déduit que le lieu géométrique des points situés sur les caractéristiques passant par le point P est limité dans le voisinage de ce point par deux caractéristiques (qui ne sont pas forcément distinctes). Sur l'un quelconque des arcs (s) distinguons deux directions, que nous appellerons respectivement *ascendante* et *descendante*. Alors l'une des deux caractéristiques que nous venons de mentionner pourra être appelée *supérieure* et l'autre *inférieure*. La caractéristique supérieure issue du point P est là

limite de la caractéristique supérieure issue d'un point tendant vers P en descendant sur l'arc (s) considéré. La caractéristique inférieure jouit, bien entendu, d'une propriété analogue.

Nous voyons donc que les caractéristiques des équations au paratingent possèdent des propriétés descriptives entièrement analogues à celles des caractéristiques des équations différentielles. Celles-ci, comme on le voit immédiatement, peuvent être considérées comme un type particulier d'équations au paratingent, correspondant au cas des champs (N) dont le pinceau de droites se réduit en chaque point à une seule droite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un principe général de l'Analyse.* Note [1] de M. **Rolf Nevanlinna**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Dans une Note précédente, j'ai indiqué quelques propriétés de la mesure harmonique d'un ensemble α_z de points par rapport à un domaine G_z admettant ces points comme points frontières; notamment celle-ci que la mesure harmonique reste invariable par une transformation conforme et biunivoque de l'intérieur de G_z. Cette propriété ne subsiste plus, en général, si l'on transforme G_z par une fonction multivalente $w(z)$, méromorphe à l'intérieur de ce domaine.

Soit G_w le domaine simplement couvert du plan des w dont les points correspondent aux points de G_z par la relation $w = w(z)$; admettons que G_w ne comprenne pas le plan entier et désignons par Γ_w sa frontière.

Soient, d'autre part, α_z un ensemble de points situés sur la frontière Γ_z de G_z et ξ un point accessible quelconque de α_z; nous désignerons par $A(\xi)$ le domaine d'indétermination de la fonction $w(z)$ au point de ξ et nous admettrons que les points d'un domaine $A(\xi)$ quelconque fassent tous partie d'un ensemble donné α_w, situé sur la frontière Γ_w de G_w.

Cela posé, on peut affirmer que *la mesure harmonique de l'ensemble α_w par rapport à G_w est au moins égale à la mesure harmonique de α_z par rapport à G_z.*

Ce principe, dont nous avions déjà indiqué un cas spécial [2], comprend plusieurs théorèmes connus de la théorie des fonctions (principe de

(1) Séance du 9 juillet 1934.

(2) *Ueber beschränkte analytische Funktionen* (*Commentationes in honorem Esnesti Leonardi Lindelöf*, 1930, p. 28).

Lindelöf, théorème sur les deux constantes, théorème de Phragmén-Lindelöf, les extensions du lemme de Schwarz données par MM. Julia et Löwner). Indiquons-en ici quelques conséquences ultérieures :

1° *Extensions des théorèmes de Liouville et de Picard.* — Soient $w(z)$ une fonction uniforme et méromorphe à l'intérieur d'un domaine G_z et E_w l'ensemble des valeurs w que $w(z)$ ne prend pas dans G_z. Alors, si la frontière Γ_z de G_z est constituée par un ensemble de points de mesure harmonique nulle (sens absolu), tandis que l'ensemble E_w a une mesure harmonique positive, $w(z)$ se réduit à une constante.

2° *Extension des théorèmes de Fatou et de Riesz sur les valeurs limites des fonctions bornées.* — Γ_z et E_w ayant les mêmes significations que ci-dessus, supposons que ces ensembles soient tous les deux de mesure harmonique positive. Dans cette hypothèse, on peut affirmer que la fonction $w(z)$ admet une valeur asymptotique en tout point accessible ξ du contour Γ_z, sauf au plus pour un ensemble (ξ) de mesure harmonique nulle par rapport à G_z.

Si la fonction $w(z)$ n'est pas constante ses valeurs limites correspondant aux points ξ forment un ensemble de mesure harmonique positive.

3° Soit, dans les hypothèses de n : o 2°, α_z un ensemble de points du contour Γ_z, de mesure harmonique positive par rapport à G_z. Supposons que les valeurs limites $w(\zeta)$ correspondant aux points accessibles ζ de α_z fassent partie d'un ensemble fermé α_w du plan des w, et désignons, s'il en existe, par $\overline{G_w}$ l'un des domaines qui reste lorsqu'on exclut du domaine G_w les points α_w.

Cela étant il résulte de notre principe que la mesure harmonique de l'ensemble α_w par rapport à $\overline{G_w}$ est au moins égale à la mesure harmonique de α_z par rapport à G_z. Si, en particulier, α_z est de mesure 1, il en est de même de l'ensemble α_w; celui-ci comprend alors tout point du contour Γ_w de G_w.

4° Divisons l'ensemble α_z, que nous supposerons maintenant fermé, en deux ensembles partiels α'_z et α''_z. Soient α'_w et α''_w deux ensembles fermés, compris dans α_w et admettons que, pour presque tous (sens harmonique), les points accessibles ζ de α'_z et de α''_z, les valeurs limites $w(\zeta)$ soient contenues respectivement dans α'_w et dans α''_w. Soit encore G_w un domaine défini comme au n° 3° et ayant sur sa frontière au moins un point de α'_w et de α''_w.

D'après notre principe, la limite supérieure m_z des minima de la mesure harmonique par rapport à G_z de l'ensemble α_z sur les différentes courbes

joignant les ensembles α'_z et α''_z à l'intérieur de G_z, est au plus égale à la limite supérieure m_w des minima de la mesure harmonique par rapport à $\overline{G}_w$ de l'ensemble α_w sur les courbes joignant α'_w et α''_w dans $\overline{G}_w$.

Supposons, en particulier, que la distance sphérique entre les ensembles α'_z et α''_z soit nulle. Alors $m_z = 1$, et l'on aura donc également $m_w = 1$. Il s'ensuit que, ou bien la distance des ensembles α'_w et α''_w s'annule, ou bien l'un de ces ensembles, soit α''_w, comprend un ensemble continu qui sépare l'autre ensemble α'_w de presque tous les points de la frontière du domaine G_w, extérieurs aux ensembles α'_w et α''_w.

Le second cas se présente, par exemple, pour la fonction

$$w = e^z \quad (z = x + iy),$$

si l'on prend comme domaine G_z l'aire limitée par les points $x = -1 (\alpha'_z)$, les points $x = 0$, $y \geqq 0 (\alpha''_z)$ et les points $x = 1$. Le domaine G_w est constitué par les points $1/e < |w| < e$, les ensembles α'_w et α''_w par les circonférences $|w| = 1/e$ et $|w| = 1$. Celles-ci ont une distance positive l'une de l'autre et, conformément au résultat ci-dessus, le cercle α''_w sépare α'_w des points $|w| = e$, qui appartiennent à la frontière de G_w.

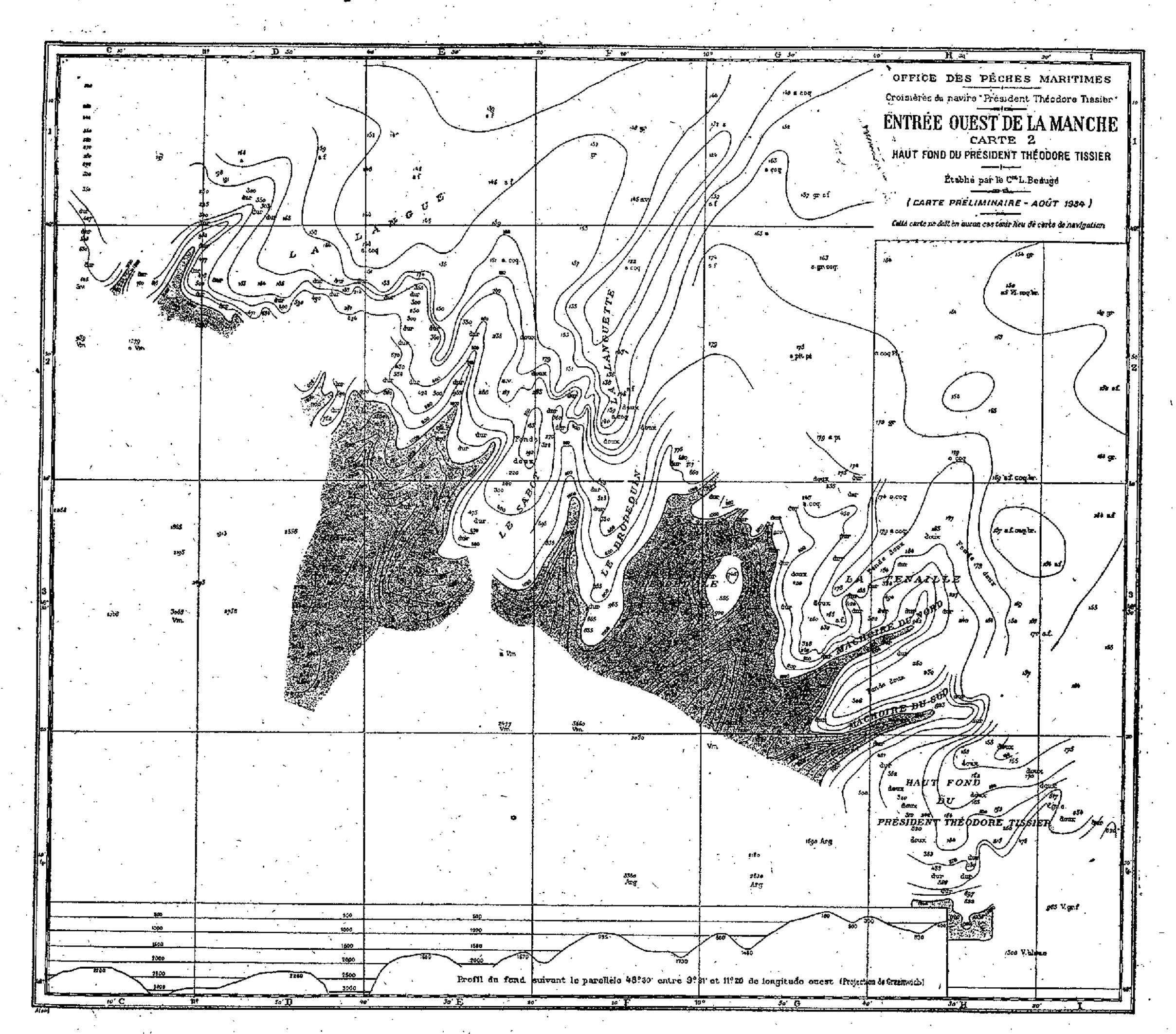
On voit immédiatement que le théorème de ce numéro comprend comme cas particulier le théorème connu de M. Lindelöf, d'après lequel une fonction uniforme, $w(z)$, qui tend vers deux limites différentes lorsque z tend vers un point ζ suivant deux courbes aboutissant en ce point, ne saurait rester bornée au voisinage de ζ.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur le relief du bord du plateau continental à l'ouest de l'entrée de la Manche.* Note de MM. **Ed. le Danois** et **L. Beaugé**, transmise par M. E. Fichot.

Le Plateau Continental européen forme à l'ouest de l'entrée de la Manche un vaste élargissement d'une profondeur inférieure à 200^m qui relie le sud de l'Irlande à la Bretagne. Au cours de recherches antérieures nous avons pu mettre en évidence une ligne d'anciens rivages, marquée par une série de fjords ayant la même orientation que les baies du sud-ouest de l'Irlande, telles que les baies de Bantry et de Dunmana. A certains de ces fjords font suite de véritables thalwegs qui révèlent les cours anciens de fleuves comme la Severn et la Seine qui arrosaient la plate-forme continentale quand elle était émergée.

Cette étude du relief s'arrêtait à 200^{m}, car au delà de cette profondeur les indications étaient rares et ne permettaient pas de déterminer le contour géographique réel de la pente atlantique.

Aussi, dès les premières croisières du navire de recherches de l'Office



des Pêches maritimes, grâce à l'outillage perfectionné dont est doté ce bâtiment, avons-nous tenté de préciser la configuration sous-marine du bord du plateau continental. Cette étude a été menée à bien tout particulièrement dans le secteur situé au sud des hauts-fonds de la Grande et de la Petite Sole, bien connus des chalutiers, et nous avons pu faire éditer une

carte de la pente atlantique entre le 9° et le 11° Ouest et le 48° et 49° Nord : ce document démontre de la façon la plus frappante la complexité du relief de la bordure continentale; de hautes falaises surplombent de véritables cãnons : nous avons donné quelques noms aux principaux accidents de terrain en usant de termes populaires, faciles à retenir pour les pêcheurs, tels que la Tenaille, le Brodequin, le Sabot, etc., mais parmi tous ces nouveaux hauts-fonds l'un d'eux mérite une mention spéciale par suite de sa très vaste étendue : entre les 48°,5 et 48°,20 de latitude nord et les 9°,20 et 9°,40 de longitude ouest, dans une région où sur les cartes marines ne figure aucune indication, s'étend un large banc sous-marin, couvrant une surface de plus de 150$^{km^2}$, dans sa partie placée à moins de 200^m de profondeur; il constitue un large éperon du plateau continental, assez comparable par sa position au haut-fond dit de la Chapelle, situé plus à l'est. Le point culminant du nouveau banc atteint 148^m; sa pente très douce, son sol très égal en font un excellent fond de chalutage. Nous lui avons donné le nom du navire en l'appelant *Banc du Président Théodore Tissier*.

Le travail hydrographique qui a permis l'établissement de la carte a été entièrement réalisé à l'aide de l'appareil de sondage par le son Marti, avec enregistreur continu permettant une inscription de la profondeur toutes les cinq secondes. Cet appareil, dont l'écho est fourni par le choc d'un marteau frappant la coque du navire, a fourni des indications jusqu'à 1500^m et même parfois jusqu'à 2000^m sur fond dur. Pour les grandes profondeurs les échos étaient dus au choc sur la surface de la mer d'une balle de fusil Lebel tirée verticalement : ce procédé a permis des inscriptions au delà de 3500^m Les résultats obtenus par le sondeur Marti ont été corroborés jusqu'à 1000^m par les indications du sondeur par l'ultrason Langevin-Florisson.

OPTIQUE. — *Sur un nouveau dispositif interférentiel.*
Note [1] de M. **Quirino Majorana**, transmise par M. Ch. Fabry.

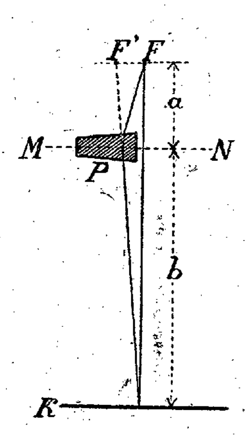
Ce dispositif, d'une très grande simplicité, se compose d'une feinte F éclairée par une source monochromatique (raie verte du mercure) et d'un prisme P, ayant un angle réfringent très réduit (environ 1°). Sur l'écran K on observe des franges d'interférence d'un ordre R élevé, qui dépend de

---

[1] Séance du 27 juillet 1934.

l'épaisseur s de la base du prisme et de l'indice de réfraction de celui-ci, n. Si $s = 4^{mm}$, on a $R = 4000$, environ. Mais on peut se servir de prismes même de 10^{cm} d'épaisseur; R est alors beaucoup plus grand.

Le dispositif, qu'on peut appeler *monoprisme*, se distingue donc du biprisme, ou même des miroirs de Fresnel, ou du miroir de Lloyd, par la nécessité qu'il y a de se servir de lumière monochromatique et par l'ordre d'interférence de ses franges, qui n'est jamais nul. Un simple examen théorique du dispositif fait voir que, à cause de la petitesse de l'angle α du prisme, on peut admettre que l'angle de déviation δ, des rayons réfractés,



est constant et égal à $\alpha(n-1)$. Il résulte de là que les franges sont données par l'interférence entre deux faisceaux lumineux, qui proviennent l'un directement de la source et l'autre d'un point virtuel, qui n'est pas fixe, mais qui se trouve toujours sur un très petit arc de parabole (près du sommet de celle-ci) qui a son foyer en F et dont l'axe est incliné de l'angle δ, sur la direction de la bissectrice MN de l'angle réfringent du prisme. Mais, avec une très grande approximation, on peut admettre que cet arc, ou *caustique virtuelle de réfraction*, soit de longueur négligeable et que la source virtuelle soit fixe et située à gauche de F en F' à une distance $FF' = a\delta$, en désignant par a la distance de F au prisme. On en déduit alors que pour la longueur d'onde λ, si b est la distance de l'écran K au prisme, la distance d avec laquelle se succèdent les franges est, avec une certaine approximation, $\lambda(a+b)/a\alpha(n-1)$. Si $n = 1{,}5$, $\alpha = 80'$, $a = 6^{cm}$, $b = 80^{cm}$, $\lambda = 5460$ Å, on a $d = 0^{cm}{,}07$, environ. On peut régler à volonté, comme il a été déjà dit, l'ordre d'interférence de la première frange visible, en choisissant convenablement l'épaisseur du prisme.

Ce dispositif permet d'exécuter toute mesure d'indice de réfraction des gaz, en le plaçant dans un tube dans lequel on peut introduire le gaz étudié sous des différentes pressions. Si le prisme a une épaisseur d'environ 10^{cm}, on peut observer, pour l'air et pour une variation de pression d'une atmosphère, le passage d'une cinquantaine de franges. La précision et la simplicité de l'appareil recommandent l'usage de cette méthode de mesure.

On peut aussi se servir du dispositif pour l'observation de l'effet Doppler. Dans ce but il faut encore disposer d'un prisme épais; la source mobile peut être réalisée en visant presque tangentiellement un disque blanc tournant, éclairé par la lampe à mercure, comme dans une expérience de MM. Fabry et Buisson; ou bien, en se servant de miroirs mobiles ou de petits arcs à mercure tournants comme j'ai fait moi-même autrefois.

On peut encore se servir du dispositif pour examiner si la propagation de la lumière dans le vide est influencée par les conditions de mouvement ou de repos de la source. Pour exécuter cette recherche, je fais tomber sur le dispositif la lumière de l'arc à mercure, réfléchie par des miroirs se déplaçant avec une vitesse d'environ 25^{m} par seconde, le dispositif et les miroirs étant placés dans le vide le plus parfait. De cette manière l'un des rayons se propage dans le vide, tandis que l'autre traverse le prisme qui peut avoir une épaisseur quelconque. S'il y avait une différence entre les deux vitesses de propagation des deux rayons, on aurait dû observer quelque déplacement des franges quand on inverse le mouvement des miroirs; mais je n'ai rien observé de semblable. La recherche aurait eu un certain intérêt, à cause des récentes et remarquables observations astronomiques de M. Salet; mais son résultat négatif ne donne, pour le moment, aucun élément à faveur ou contraire au principe de la constance de la vitesse de la lumière dans le vide.

Le dispositif peut être employé dans nombre d'autres recherches que je me dispense d'indiquer. En tout cas, il se recommande par sa grande simplicité, comme j'ai déjà dit, et aussi par la facilité de son montage, par sa légèreté, sa rigidité et son indéformabilité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Précipitation rythmique de chromate d'argent dans la cellophane*. Note de M. **Jean Ratelade**, présentée par M. Delépine.

1. Sur l'ouverture d'une petite éprouvette de 5^{cm} de haut sur 3^{cm} de diamètre, on dispose un bouchon de liège fendu en deux, dans lequel est prise une lame de cellophane d'environ 4^{cm} sur 2^{cm}, de manière que son extrémité inférieure plonge dans une solution de nitrate d'argent à $8^{g},5$ pour 100^{cm^3}, occupant une faible hauteur au fond de l'éprouvette. La cellophane a été préalablement lavée à l'eau, puis imprégnée d'une solution de chromate de potassium à $0^{g},5$ pour 100^{cm^3}, essorée rapidement entre des doubles de papier filtre et séchée sous tension. La plus grande dimension de l'éprouvette est choisie dans la direction de l'étirement à la fabrication.

2. Dans ces conditions il se développe rapidement, dans la partie de la lame située au-dessus de la solution de nitrate d'argent, des bandes rougeâtres de chromate d'argent parallèles à la surface du liquide et résolubles, comme nous l'avons signalé antérieurement (1), en petites taches elliptiques de grand axe parallèle à la direction d'étirement de la cellophane. L'écart qui sépare deux bandes consécutives croît rapidement à mesure qu'on s'éloigne de la solution de nitrate d'argent; mais, à partir d'un certain niveau, les bandes disparaissent et il ne reste plus que les taches.

3. Au lieu de laisser le phénomène se développer dans l'air de l'éprouvette, on achève de remplir celle-ci avec un liquide non miscible à l'eau tel que huile de vaseline, hexane, heptane, on constate que le niveau atteint au bout d'un certain temps par les bandes dans la lame de cellophane est inférieur à ce qu'il était lorsque la partie de la lame non immergée dans la solution de nitrate se trouvait dans l'air, comme le montrent les nombres ci-dessous relatifs à une ascension d'une durée de quatre jours :

Air	$15^{mm},5$	Huile	$9^{mm},5$
Hexane	$9^{mm},5$	Heptane	$9^{mm},0$

Les taches elliptiques sont beaucoup plus fines. Si au moyen d'un microscope muni d'un oculaire micrométrique, on étudie quantitativement

(1) A. Boutaric et J. Ratelade, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 692.

la distribution des bandes dans la lame lavée et séchée, on constate que l'écart Δ entre deux bandes consécutives croît beaucoup plus lentement lorsque la lame se trouve dans un des liquides envisagés que lorsqu'elle se trouve dans l'air. Pour faire passer Δ d'une valeur Δ_1 à une valeur Δ_2, il faut faire défiler sous le microscope un nombre de bandes plus grand pour les essais menés dans les milieux liquides considérés que pour ceux menés dans l'air. Le tableau ci-dessous donne les nombres de bandes correspondant dans l'air et dans chaque liquide à une variation $\Delta_2 - \Delta_1$; les nombres placés sur une même ligne appartiennent à des essais menés parallèlement.

	Nombre de bandes dans				
$\Delta_2 - \Delta_1$	l'air.	l'huile.	l'hexane.	l'heptane.	la paraffine.
μ μ 38-21	17	170	–	–	–
21-15	16	–	73	100	–
25-21	8	–	–	–	45

Dans une autre série d'expériences on a recouvert d'une mince couche de paraffine la partie de la lame de cellophane qui est dans l'air, de manière que la paraffine s'arrête à quelques millimètres de la solution de nitrate d'argent. Dans la partie comprise entre la solution et la paraffine on observe des bandes dont l'écart croît rapidement; au niveau de la paraffine les bandes se resserrent puis leur écart recommence à croître dans la partie recouverte de paraffine mais bien plus lentement que dans l'air.

En appliquant la loi de Mlle S. Veil ([1]) sur la distribution des bandes,

$$\sqrt{\Delta} = aN + b,$$

N étant le numéro d'ordre de la bande considérée, a, b, deux coefficients, on voit que la présence d'huile de vaseline, d'hexane, d'heptane, de paraffine diminue la valeur du coefficient a. Les droites obtenues en portant N en abscisses et $\sqrt{\Delta}$ en ordonnées font un angle plus faible avec l'axe des abscisses que les droites correspondant aux essais dans l'air.

4. Lorsqu'on arrête un essai fait dans l'air, on remarque que toute la partie de la lame comprise entre la solution de nitrate d'argent et le bouchon est gonflée d'eau. Au contraire, au cours des essais faits dans l'huile de vaseline, l'hexane, etc., l'humidité ne monte pas plus haut que les bandes de précipitation. Par des expériences directes nous avons étudié l'ascension de l'eau pure dans des lames de cellophane plongeant dans l'air

([1]) S. Weil, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 611.

et dans l'huile de vaseline. On pouvait reconnaître la limite atteinte par le gonflement dans la lame, l'expérience terminée, en la plongeant dans une solution alcoolique d'un colorant colloïdal (Brun diamine M); la cellophane sèche ne se teint pas dans une telle solution; la cellophane humidifiée s'y teint, au contraire, parfaitement. Par ce procédé, on constate que pour une lame de cellophane plongeant dans l'eau pure par sa partie inférieure, le gonflement s'étend à toute la partie de la lame comprise entre l'eau et le bouchon, lorsque la partie non immergée se trouve dans l'air et s'arrête beaucoup plus bas lorsque l'eau est recouverte d'huile de vaseline. Ainsi lorsque la solution de nitrate d'argent est recouverte d'huile de vaseline, le nitrate diffuse dans la cellophane en même temps que l'eau; lorsque la solution de nitrate n'est pas recouverte d'un liquide non miscible à l'eau, la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère de l'éprouvette humidifie la cellophane et le nitrate diffuse dans une lame gonflée d'eau; sa vitesse de diffusion est alors plus grande, comme on peut s'en assurer par des expériences directes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les phényltolyl- et les ditolylsulfinones.* Note de MM. **Charles Courtot** et **Joseph Frenkiel**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons réalisé la synthèse des diverses phényltolyl- et ditolylsulfinones, en variant la méthode suivant les cas, parce que, si la méthode d'oxydation des sulfures est jusqu'ici la plus générale, elle manque de commodité pour de nombreux termes et la méthode magnésienne lui est quelquefois préférable, alors que la méthode au chlorure d'aluminium paraît être celle qui donne les rendements les meilleurs.

I. *Méthode au chlorure d'aluminium.* — Pour accéder à l'orthotolylphénylsulfinone ainsi qu'à la métatolylphénylsulfinone, nous avons employé la méthode qui nous a précédemment servi à la préparation de la paratolylphénylsulfinone (¹). C'est-à-dire que nous avons fait respectivement l'orthosulfichlorure et le métasulfichlorure du toluène et nous les avons condensés avec le benzène, en présence de chlorure d'aluminium.

L'orthotolylsulfichlorure est obtenu par réduction du sulfochlorure correspondant

(¹) Ch. Courtot et P. Chiffert, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 986.

au moyen du zinc et transformation de l'acide sulfinique formé en sulfichlorure par un excès de chlorure de thionyle.

Le métatolylsulfichlorure est synthétisé par action de l'anhydride sulfureux sur le diazo de la métatoluidine et action de Cl^2SO sur l'acide sulfinique.

Le passage du composé diazoïque à l'acide sulfinique a été réalisé avec un rendement de 90 pour 100, en ayant soin de faire agir l'anhydride sulfureux très rapidement et à basse température ([1]).

L'orthotolylphénylsulfinone se présente comme un liquide incolore, susceptible de longue surfusion (9 mois). Elle bout à 220° sous 11^{mm} et cristallise en bâtonnets incolores $f = 42°$. Oxydée par le perhydrol dans un mélange d'acide et d'anhydride acétique, elle conduit à la sulfone correspondante $f = 81°$ ([2]).

La métatolylphénylsulfinone est restée liquide. Elle bout à 215° sous 12^{mm}. Oxydée dans les mêmes conditions que l'isomère précédent, elle engendre la *métatolylphénylsulfone*, non encore décrite, $f = 109°$ fines aiguilles d'un blanc de neige, s'enchevêtrant très facilement.

Nous avons observé, dans ces synthèses, la formation d'une part de *l'orthotolyldiphénylthionium*, d'autre part du *métatolyldiphénylthionium* qui prennent naissance par une réaction précédemment étudiée ([3]).

L'ortho-para'-ditolylsulfinone est obtenue par condensation de l'orthotolylsulfichlorure avec le toluène, sous l'action de Cl^3Al. Elle bout à 210° sous 9^{mm}. Elle cristallise de l'éther de pétrole en petits prismes très brillants $f = 90°$. *L'ortho-para'-ditolylsulfone*, jusqu'ici inconnue également, se présente en paillettes nacrées $f = 60°$. Dans cette réaction il se produit *le chlorure d'ortho-para'-para''-tritolylthionium*, gros cristaux trapus $f = 128°$ fixant facilement de l'eau en donnant des cristaux efflorescents.

II. *Oxydation de ditolysulfures*. — *a*. L'ortho-méta'-ditolylsulfure a été préparé selon les indications de Mauthner ([4]) par action du méta-tolylthiolate de sodium sur l'ortho-iodo-toluène. Oxydé par l'eau oxygénée à 50^{vol}, employée en quantité strictement théorique et à basse température, il peut conduire à l'*ortho-méta'-ditolylsulfinone*, liquide incolore $E = 213°$

([1]) Tröger et Hille (*J. f. prakt. Chem.*, **71**, 1905, p. 207) signalent la formation d'un colorant rouge et corrélativement d'un rendement très faible en acide sulfinique. Nous n'avons pas observé ces phénomènes dans nos conditions d'expérience.

([2]) Stone Weedon et Waters Doughty, *Am. Chem. Journ.*, **33**, 1905, p. 421.

([3]) Ch. Courtot et Chiffert, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 986; Ch. Courtot et Tung, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1227.

([4]) Mauthner, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, **39**, 1906, p. 3593.

sous 9^{mm}. Une oxydation plus poussée, par le perhydrol, engendre une sulfone nouvelle l'*ortho-méta'-ditolylsulfone*, paillettes ténues d'un blanc éclatant $f = 82°$ lorsqu'elle est recristallisée de l'éther de pétrole.

b. Le méta-para'-ditolylsulfure $f = 28°$ préparé par action du métatolylthiolate de sodium sur le para-iodo-toluène (1) et oxydé avec ménagement, conduit d'une part à la *méta-para'-ditolylsulfinone*, petites paillettes blanches $f = 72°$ et d'autre part, par oxydation avancée à la méta-para'-ditolylsulfone, petites aiguilles bien formées $f = 116°$, déjà décrite par Witt et Uermenyi (2).

III. *Méthode magnésienne*. — Jusqu'ici la méthode magnésienne a été uniquement utilisée pour la synthèse de sulfinones symétriques (3), bien qu'elle soit susceptible de conduire également à des sulfinones non symétriques.

Nous avons synthétisé de façon analogue l'ortho-ortho'-ditolylsulfinone et la méta-méta'-ditolylsulfinone. Les rendements sont respectivement de 26 et 17 pour 100. Il se produit, à côté, le sulfure correspondant en quantité appréciable 25 et 39 pour 100. Corrélativement, il y a formation de phénol et chose curieuse, dont nous donnerons l'interprétation ailleurs, on observe, dans le cas de la méta-méta'-ditolylsulfinone, un bromocrésol $f = 57°$ dont le dérivé benzoylé fond à 82° et qui semble identique à celui de Ralph C. Huston et James Hutchinson (4).

L'ortho-ortho'-ditolylsulfinone se présente en magnifiques cristaux à base losange, transparents $f = 121°$ lorsqu'on évapore lentement la solution dans l'éther de pétrole. Par refroidissement de cette même solution, ce sont de petits cristaux blancs qui se déposent.

La méta-méta'-ditolylsulfinone est un liquide $E = 215°$ sous 15^{mm}. Par oxydation, elle conduit à la méta-méta'-ditolylsulfone $f = 94°$ identique à celle préparée par Bogert et Mandelbaum.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

---

(1) Bourgeois (*Ber. deutsch. chem. Ges.*, 28, 1895, p. 2325) a préparé ce corps par action du métabromotoluène sur le *p*-tolylthiolate de plomb.

(2) O. Witt et Uermenyi, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 46, 1913, p. 299 et 306.

(3) Strecker, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 1131; Grignard et Zorn, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1177.

(4) *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 1504. Voir aussi Darzens et Lévy, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 292.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1934.

La géométrie et les instruments d'optique, par l'amiral Violette. Paris, Berger-Levrault, 1934; 1 vol. $25^{cm},5$.

Dix leçons d'astronomie, par E. Esclangon. Deuxième édition revue et corrigée Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 21^{cm}.

Quelques remarques sur la théorie de l'électron magnétique de Dirac, par L. de Broglie. Extrait des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 5e période. vol. 15. Genève, Institut de physique de l'Université, 1933; 1 fasc. 23^{cm}.

Les idées nouvelles introduites pour la mécanique quantique, par L. de Broglie. Extrait de l'*Enseignement mathématique*, nos 3-4, 32e année. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 fasc. 25^{cm}.

Sur la représentation des phénomènes dans la nouvelle physique, par L. de Broglie. Extrait de la *Revue de l'Université de Bruxelles*, no 3, février-mars-avril 1934. Bruxelles, Imprimerie médicale et scientifique, 1934; 1 fasc. $24^{cm},5$.

Remarques sur la théorie de la lumière, par L. de Broglie. Extrait des *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liége*, 3e série, tome XIX. Bruxelles, Marcel Hayez, 1934; 1 fasc. $25^{cm},5$.

Gouvernement général de l'Afrique occidentale française. Service géologique. *Rapport annuel* 1933. Dakar, Grande Imprimerie africaine, 1934; 1 fasc. 27^{cm}.

Carte d'ensemble du Gouvernement général de l'Afrique occidentale française, à l'échelle de 1/5 000 000e. Dakar, Service géologique de l'A. O. F., 1933; 1 planche $85^{cm} \times 65^{cm}$.

Gouvernement général de l'Afrique occidentale française. Service géologique. *Carte géologique du Bas-Dahomey* au 1/500 000e, par A. Chermette et R. Prokopenko. *Notice explicative*, par A. Chermette. Dakar, Grande Imprimerie africaine, 1933; 1 fasc. $24^{cm},5$ et une planche $48^{cm},5 \times 42^{cm}$.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 SEPTEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉRAPEUTIQUE. — *L'anaphylaxie en thérapeutique.* Note [1] de M. CHARLES RICHET.

Les médecins et les physiologistes n'ont jusqu'à présent jamais traité de l'anaphylaxie que pour analyser les effets *toxiques de l'injection déchaînante.*

Or les actions *médicamenteuses et thérapeutiques doivent être assimilées à des actions toxiques, dont elles ne sont que le premier degré.* Il était donc vraisemblable qu'une dose première très faible (ayant un effet thérapeutique nul) aurait, si on la répétait au bout d'un certain temps, un notable effet thérapeutique.

Quelques observations ont semblé me prouver qu'il en était ainsi. La répétition d'une dose primitivement inactive la rendait thérapeutiquement efficace.

Je tiens à indiquer ce fait (sur lequel je reviendrai) et j'engage les cliniciens à étudier cette nouvelle conséquence de l'anaphylaxie et son rôle en thérapeutique.

---

(1) Séance du 3 septembre 1934.

PLIS CACHETÉS.

Un pli cacheté de feu M. **Francis Laur**, accepté en la séance du 16 mai 1927 et enregistré sous le n° 9813, est ouvert en séance par M. le Président, conformément à la volonté exprimée par le défunt.

Ce pli contient une lettre annonçant la découverte d'une *Méthode de longévité*.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Recherches sur les surfaces plusieurs fois cerclées.* Note (¹) de M. **Henri Abad**, transmise par M. Élie Cartan.

1. On sait qu'en coordonnées pentasphériques, un point a cinq coordonnées x_i, non toutes nulles, vérifiant la relation

$$\Sigma x_i^2 = 0 \qquad \text{(ou en abrégé } x^2 = 0\text{)}, \tag{1}$$

le lieu des points définis par une représentation paramétrique du premier degré

$$x_i = a_i u + b_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, 5) \tag{2}$$

[a_i et b_i étant des constantes qui vérifient les relations

$$a^2 = ab = b^2 = 0 \tag{3}$$

et u étant un paramètre] est en général une droite isotrope (et exceptionnellement un point du cercle de l'infini).

Le lieu des points définis par une représentation paramétrique du second degré

$$x_i = a_i u^2 + b_i u + c_i \tag{4}$$

(¹) Séance du 20 août 1934.

[a_i, b_i, c_i vérifiant les relations

(5) $$a^2 = ab = 2ac + b^2 = bc = c^2 = 0]$$

est un cercle si le tableau

(T) $$\| a_i \quad b_i \quad c_i \|$$

est de rang 3.

Si (T) est de rang 2, (4) représente une droite isotrope, et un point si (T) est de rang 1.

Réciproquement, toute droite isotrope est susceptible d'une représentation telle que (2), tout cercle d'une représentation telle que (4).

La condition nécessaire et suffisante pour que le tableau (T) soit de rang inférieur à 3 est

(6) $$b^2 = 0.$$

Dans ce cas, le cercle (4) est dit *dégénéré*.

II. On peut appliquer les résultats ci-dessus à la recherche des surfaces plusieurs fois cerclées; soient F_1, F_2 deux familles de cercles d'une telle surface S; supposons ces familles formées de cercles véritables; si tout cercle de F_1 est bisécant à tout cercle de F_2, la surface est une sphère ou une cyclide; si tout cercle de F_1 coupe en un seul point tout cercle de F_2, la surface admet une représentation paramétrique de la forme

(7) $$x_i = a_i u^2 t^2 + b_i u^2 t + b'_i u t^2 + c_i u^2 + c'_i t^2 + c''_i u t + d_i u + d'_i t + e_i,$$

les familles F_1, F_2 étant définies par $u = \text{const.}$, $t = \text{const.}$, il y a dans chaque famille un nombre de cercles dégénérés compris entre 1 et 4; on peut classer les surfaces S d'après le nombre, la nature et la disposition des cercles dégénérés de chaque famille.

On trouve ainsi (les cyclides étant laissées de côté) 29 types de surfaces, se divisant en trois catégories :

1° Surfaces doublement cerclées du troisième degré conforme; ce sont celles pour lesquelles les cercles d'une des familles ont un point commun (surfaces réglées-cerclées);

2° Surfaces triplement cerclées du troisième degré conforme;

3° Surfaces doublement cerclées du quatrième degré conforme.

(On appelle degré conforme d'une surface le degré de son équation en coordonnées pentasphériques.)

Les surfaces des deux premières catégories sont toutes imaginaires. Il

existe six types réels de surfaces de la troisième catégorie. Je signalerai en particulier les suivants :

1° La surface de translation engendrée par un cercle dont le centre décrit un autre cercle.

(Une des inverses de cette surface fait l'objet du problème donné au concours d'admission à l'École Normale supérieure en 1931.)

2° Deux surfaces de Steiner ayant respectivement pour représentations paramétriques (cartésiennes)

$$x = a^2 - b^2 + a, \quad y = b(2a + 1), \quad z = k(a^2 + b^2); \tag{8}$$

$$x = a^2 - b^2, \quad y = 2ab, \quad z = 2a \tag{9}$$

(a et b paramètres, k constante arbitraire).

Pour chacune de ces surfaces, les cercles sont définis par $a \pm ib = \text{const.}$ et sont des cercles-paraboles, c'est-à-dire que leurs plans sont isotropes. On obtient une génération réelle simple par les paraboles $a = \text{const.}$

3° Une surface Σ engendrée par un cercle quelconque C auquel on fait subir successivement toutes les transformations du groupe à un paramètre

$$\left\{ \begin{array}{lll} x'_1 = x_1 \cos\sigma - x_2 \sin\sigma, & x'_2 = x_1 \sin\sigma + x_2 \cos\sigma, & \\ x'_3 = x_3 \sin\sigma + x_4 \cos\sigma, & x'_4 = x_3 \cos\sigma - x_4 \sin\sigma, & x'_5 = x_5. \end{array} \right. \tag{10}$$

Cette surface admet évidemment le groupe (10); c'est la surface doublement cerclée la plus générale [1] qui admette un groupe de transformations conformes. Tout point du cercle C (et même tout point de l'espace) subissant les transformations (10) engendre un cercle; les cercles engendrés par tous les points de C sont deux à deux paratactiques; on peut d'ailleurs montrer que Σ est la surface doublement cerclée la plus générale [1] telle que les cercles d'une des familles soient deux à deux paratactiques.

MÉCANIQUE DES MILIEUX CONTINUS. — *Petits mouvements vibratoires elliptiques d'un milieu matériel homogène le plus général.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. E. Jouguet.

1. Adoptons la notation définie dans une Note précédente sur la transformation isotherme infiniment petite du milieu matériel homogène le plus général et supposons un mouvement infiniment petit de ce milieu. La quan-

[1] Les cyclides étant exclues.

tité d'accélération $\bar{i}\,dm$ de l'élément de masse dm et le moment $\bar{j}\,dm$ de sa quantité d'accélération dans son mouvement autour de son centre de gravité sont définis par les coordonnées (i_x, i_y, i_z), (j_x, j_y, j_z) des vecteurs $\bar{i}$ et $\bar{j}$, savoir

$$(1)\qquad i_x=\frac{\partial^2 u}{\partial t^2},\qquad i_y=\frac{\partial^2 v}{\partial t^2},\qquad i_z=\frac{\partial^2 w}{\partial t^2};$$

$$(2)\qquad \begin{cases} j_x=\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}[\ \mathrm{A}p-\mathrm{F}q-\mathrm{E}r+\mathrm{D}(e_2-e_3)+(\mathrm{B}-\mathrm{C})g_1-\mathrm{F}g_2+\mathrm{E}g_3], \\ j_y=\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}[-\mathrm{F}p+\mathrm{B}q-\mathrm{D}r+\mathrm{E}(e_3-e_1)+(\mathrm{C}-\mathrm{A})g_2-\mathrm{D}g_3+\mathrm{F}g_1], \\ j_z=\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}[-\mathrm{E}p-\mathrm{D}q+\mathrm{C}r+\mathrm{F}(e_1-e_2)+(\mathrm{A}-\mathrm{B})g_3-\mathrm{E}g_1+\mathrm{D}g_2], \end{cases}$$

A, B, C, D, E, F étant six constantes pour le milieu homogène de densité ρ_0 dans son état initial.

ρ_0, A, B, C, D, E, F sont sept paramètres dont dépendent les coordonnées du tenseur tension $\overline{\overline{\mathrm{T}}}$ par l'intermédiaire des équations universelles (2) de la Note précitée.

Dans cette Note nous avons vu que le tenseur $\overline{\overline{\mathrm{D}}}$, composant droit de $\overline{\overline{\mathrm{T}}}$, et le tenseur couple de tension $\overline{\overline{\Theta}}$ dépendaient déjà de 135 paramètres [formules (3) de la Note en question].

L'état des tensions dans le milieu homogène le plus général, en fonction de sa transformation infiniment petite supposée isotherme, dépend donc linéairement de 142 paramètres constants, c'est-à-dire sa complexité physique possible.

2. Si, dans le milieu matériel homogène le plus général, on recherche la possibilité d'un mouvement vibratoire elliptique

$$(3)\qquad \begin{cases} u=\varepsilon\left[\ l_1\cos\dfrac{\alpha x+\beta y+\gamma z-\omega t}{d}-l_2\sin\dfrac{\alpha x+\beta y+\gamma z-\omega t}{d}\right], \\ v=\varepsilon\left[m_1\cos\dfrac{\alpha x+\beta y+\gamma z-\omega t}{d}-m_2\sin\dfrac{\alpha x+\beta y+\gamma z-\omega t}{d}\right], \\ w=\varepsilon\left[\ n_1\cos\dfrac{\alpha x+\beta y+\gamma z-\omega t}{d}-n_2\sin\dfrac{\alpha x+\beta y+\gamma z-\omega t}{d}\right] \end{cases}$$

(ε constante infiniment petite, a, b, c, d, α, β, γ, ω, l_1, m_1, n_1, l_2, m_2, n_2, constantes avec

$$\alpha^2+\beta^2+\gamma^2=1,\qquad l_1^2+l_2^2+m_1^2+m_2^2+n_1^2+n_2^2=1].$$

On trouve, en désignant par $\overline{\mathrm{K}_1}$ et $\overline{\mathrm{K}_2}$ les vecteurs (l_1, m_1, n_1) et

(l_2, m_2, n_2), par $\overline{\overline{A}}$, $\overline{\overline{B}}$, $\overline{\overline{C}}$, $\overline{\overline{D}}$ des tenseurs du second ordre dont les coordonnées sont, pour $\overline{\overline{A}}$ et $\overline{\overline{D}}$ du second degré en α, β, γ, pour $\overline{\overline{B}}$ du troisième degré en α, β, γ, pour $\overline{\overline{C}}$ du quatrième degré en α, β, γ que le mouvement (u, v, w) n'est possible que si

$$(4)\qquad \begin{cases} \overline{K_1}\cdot\left[\overline{\overline{A}} - \dfrac{\overline{\overline{C}}}{d^2} + \rho\omega^2\left(\dfrac{\overline{\overline{D}}}{d^2} - \overline{\overline{1}}\right)\right] - \overline{K_2}\cdot\dfrac{\overline{\overline{B}}}{d} = 0, \\ \overline{K_1}\cdot\dfrac{\overline{\overline{B}}}{d} + \overline{K_2}\cdot\left[\overline{\overline{A}} - \dfrac{\overline{\overline{C}}}{d^2} + \rho\omega^2\left(\dfrac{\overline{\overline{D}}}{d^2} - \overline{\overline{1}}\right)\right] = 0, \end{cases}$$

où $\overline{\overline{1}}$ représente le tenseur sphérique de coordonnées carrées égales à l'unité.

Le déterminant des coefficients, dans ces équations, des coordonnées de $\overline{K_1}$ et $\overline{K_2}$ doit par suite être nul, d'où la relation

$$(5)\qquad \Delta(\rho\omega^2) = 0$$

du sixième degré ou $(\rho\omega^2)$ qui définit six célérités ω correspondant à une direction α, β, γ du plan d'onde

$$(6)\qquad \alpha x + \beta y + \gamma z - \omega t = 0.$$

3. L'enveloppe des plans d'onde (6) à un instant donné t quand (α, β, γ) varient, dite surface d'onde, est par suite dans le cas le plus général une surface de 24e classe dont la podaire par rapport à l'origine est une surface du 36e degré.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation du siliciure de cérium et du siliciure de lanthane par électrolyse ignée.* Note de **M. M. Dodero**, présentée par M. G. Urbain.

L'électrolyse du silicate de calcium fondu donne le siliciure $CaSi^2$ [1]; en introduisant quelques grammes d'oxyde de cérium dans le bain d'électrolyse et en conduisant les opérations de la même façon, on obtient le siliciure $CeSi^2$.

Après deux heures d'électrolyse, on fond la boule cathodique et, en concassant la masse refroidie, on peut séparer des globules métalliques de 6 à 8^{mm}.

Ces globules sont des alliages renfermant du silicium libre et une combi-

[1] M. Dodero, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1593.

naison de silicium et de cérium, comme le met en évidence une attaque par les acides qui donne de la silice et un sel céreux, tandis que le silicium apparaît sous forme de paillettes. L'analyse complète montre qu'ils contiennent en outre une petite quantité de siliciure de fer $FeSi^2$ et parfois un peu de calcium.

Voici les résultats de trois préparations :

I. — *Caractéristiques de l'électrolyse et analyse des globules.*
(Composition du bain : SiO^2, $CaO + 2CaF^2 + 1/3CaCl^2 + 1/10CeO^2$.)

N° de l'essai.	Température moyenne.	I (amp.).	V (volts).	Durée.	Poids obtenu.	Si libre (%).	$FeSi^2$ (%).	Si combiné (%).	Ce (%).	Ca (%).
1.....	1000°	20	10	0h45m	2g	6,9	3,8	25,0	62,3	1,4
2.....	1000	30	8	1.50	1,5	2,2	6,0	26,2	61,8	2,9
3.....	1000	30	8	2	3,5	3,6	4,7	26,0	65,4	–

(Dans les essais 2 et 3, le produit pulvérisé a été traité par une solution de soude à 5 pour 100, pour le débarrasser du silicium libre.)

II. — *Proportions de silicium et de cérium combinés.*

	Calculé pour les essais. 1.	2.	3.	Calculé pour $CeSi^2$.
Si combinés	28,6	29,8	28,5	28,82
Ce combinés	71,4	70,2	71,5	71,18

Comme l'indiquent ces deux tableaux, le résultat de l'électrolyse est le siliciure de cérium $CeSi^2$ accompagné de silicium libre.

Il est intéressant de remarquer que ce siliciure diffère du composé Ce^2Si^2 qu'Ullick (1) signale avoir obtenu incidemment en électrolysant du fluorure de cérium dans un creuset de porcelaine. Par contre, c'est le même siliciure $CeSi^2$ que donne, à haute température, la réduction de l'oxyde de cérium par le silicium au four de Moissan (2).

Ainsi l'électrolyse de petites quantités d'oxyde de cérium dans les bains de silicate de calcium permet d'obtenir, à des températures relativement basses, le siliciure de cérium $CeSi^2$.

On peut électrolyser de même des bains de silicate de calcium renfermant une faible proportion d'oxyde de lanthane.

(1) ULLICK, *Sitzungsberichte Akad. Wien*, 52, 1865, p. 115.
(2) STERBA, *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 170.

Comme dans le cas du cérium, on aboutit à des alliages constitués de silicium libre et d'une combinaison de silicium et de lanthane. En traitant le produit pulvérisé et passé au tamis 120, par une lessive de soude à 5 pour 100, on peut éliminer le silicium libre (essais 2 et 3).

I. — *Caractéristiques de l'électrolyse et analyse des globules.*
(Composition du bain : SiO^2, $CaO + 2CaF^2 + 1/3\,CaCl^2 + 1/10\,La^2O^3$.)

N° de l'essai.	Température moyenne.	I (amp.).	V (volts).	Durée.	Poids obtenu.	Si libre (%).	$FeSi^2$ (%).	Si combiné (%).	La (%).	Ca (%).
1.......	1200°	25	10	2h.25m	3g,7	59,4	13,2	7,8	19,4	–
2.......	1100	45	12	1.40	0,5	9,0	5,9	25,0	58,2	traces
3.......	1000	30	8	2	3,5	0,7	1,2	28,8	69,6	–
4.......	1000	30	8	2	3,4	1,4	4,1	27,4	67,0	–

II. — *Proportions de silicium et de lanthane combinés.*

	Calculé pour les essais. 1.	2.	3.	4.	Calculé pour $LaSi^2$.
Si combinés......	28,5	30,0	29,3	29,0	28,78
La combinés......	71,5	70,0	70,7	71,0	71,22

Ces résultats établissent que le siliciure isolé a pour formule $LaSi^2$.

Ce composé n'avait pas encore été signalé.

Sa purification est délicate, le siliciure de fer échappant à l'attaque alcaline et l'enchevêtrement de l'eutectique silicium-siliciure de lanthane, que révèle l'analyse micrographique, ne permettant que difficilement un lavage complet du silicium libre.

Tel qu'il a été purifié, ce siliciure se présente sous la forme de petits grains gris d'acier qui prennent une couleur jaune d'or par oxydation. L'acide azotique concentré est sans action sur lui, mais il est attaqué par l'acide étendu, par les acides chlorhydrique et sulfurique. Les solutions alcalines l'attaquent peu, alors que la réaction est très vive avec les alcalis fondus.

En résumé, il a suffi de la présence de quelques grammes d'oxyde de cérium ou de lanthane dans le bain dont l'électrolyse donne le siliciure de calcium $CaSi^2$ pour que, au lieu de ce siliciure, on obtienne, par réactions secondaires, du siliciure de cérium $CeSi^2$ ou du siliciure de lanthane $LaSi^2$.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur la distribution spectrale de l'effet photoélectrique dans l'oxyde cuivreux.* Note [1] de Mme **Anne Joffé** et M. **A. Joffé**, présentée par M. Langevin.

La photoconductibilité de l'oxyde cuivreux possède un maximum bien prononcé à 630$^{\mu}$. On a cherché à établir une relation entre l'énergie $h\nu$ d'un photon de cette longueur d'onde et l'énergie u, nécessaire pour le transport d'un électron de la zone remplie de niveaux normaux aux niveaux libres du réseau cristallin. Cette énergie de dissociation u est exprimée par le double du coefficient thermique de la conductibilité σ :

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{u}{2kT}}; \qquad u = 1{,}5\ \mathrm{V} \quad \text{et} \quad h\nu = 1{,}9\ \mathrm{V}.$$

La position du maximum spectral étant déterminée par les conditions particulières de la mesure, les constantes caractéristiques du cristal n'y interviennent pas. L'absorption dans le domaine du maximum est si forte que seule une couche mince est éclairée. Cette couche devient encore plus mince quand on se rapproche de la raie d'absorption optique. C'est pourquoi la conductibilité totale du cristal diminue et tend vers zéro à l'intérieur de la raie même, comme R. Pohl et B. Gudden l'ont constaté sur différents cristaux photoconducteurs. Cette propriété a été nommée « l'énigme de la photoconductibilité ».

En mesurant le courant photoélectrique dans des couches minces nous avons pu constater que le courant était directement proportionnel à l'énergie radiante absorbée par la couche. Aucun maximum ne se manifeste à travers tout le spectre visible.

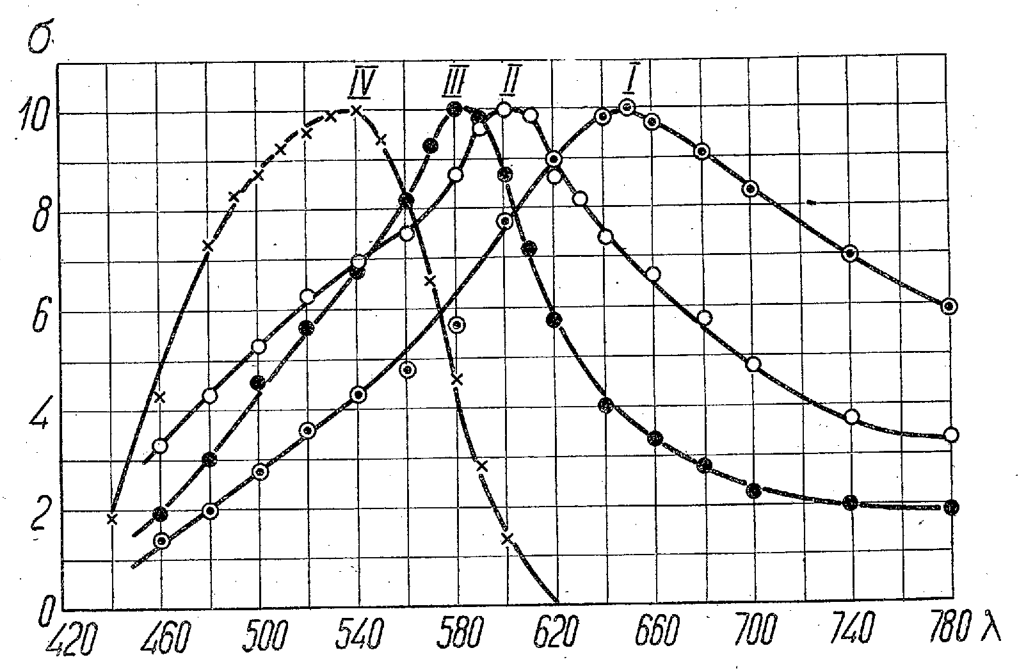
La courbe spectrale de l'effet photoélectrique dépend de l'épaisseur de la couche : la longueur d'onde du maximum devient d'autant plus courte que la couche est plus mince. Pour étudier ce phénomène nous avons préparé une plaque cunéiforme et nous l'avons chauffée pendant plusieurs heures dans le vide pour éliminer l'oxyde superflu. Avec trois séries d'électrodes nous avons obtenu les trois courbes de la figure ci-après.

La courbe I indique la distribution dans la partie la plus épaisse de 300$^{\mu}$; la courbe II correspond à 60$^{\mu}$ et la courbe III à 20$^{\mu}$. On voit que les maxima correspondants se trouvent à 650$^{m\mu}$, 605$^{m\mu}$ et 580$^{m\mu}$.

---

(1) Séance du 20 août 1934.

Sur la même figure, la courbe IV représente le photoeffet d'une cellule à oxyde cuivreux avec une couche d'arrêt. Le maximum se trouve déplacé vers $540^{m\mu}$, ce qui correspond à une couche encore plus mince, de $0^{\mu},1$ environ. En effet, on a pour cette longueur d'onde $n \cong 3,0$ et $\varkappa = 0,11$. L'ab-



sorption dans la couche diminue donc l'intensité J de la lumière dans le rapport

$$\frac{J}{J_0} = e^{-4\pi n\varkappa\frac{x}{l}} \cong e^{-0,8}.$$

On sait d'après les mesures de Jusé (¹) que l'épaisseur optimum des couches d'arrêt est de $0^{\mu},01$ à $0^{\mu},1$. Nous sommes par suite amenés à la conclusion que la courbe IV correspond à l'effet photoélectrique de la couche d'arrêt elle-même.

Maslakovetz (²) a trouvé, pour les photoéléments de l'oxyde cuivreux, aussi bien que pour les cellules de sélénium, que la résistance de la couche d'arrêt diminue par l'éclairement.

Toutchkévitch (³) a pu constater, en exposant les cellules photo-

(¹) W. Jusé, *Nature*, 132, 1933, p. 242.

(²) Maslakovetz, *Journ. de Phys.* (russe). Série *B. Phys. Techn.*, 3, 1933, p. 377.

(³) Toutchkévitch, *Sov. Phys.*, 5, 1934, p. 359.

électriques aux rayons X, que le sens du courant photoélectrique était le même qu'à l'éclairement par la lumière visible.

Enfin les expériences de Jusé (en cours de publication) avec des couches minces sublimées sur la surface d'un semi-conducteur ont montré que, tandis que toute substance isolante, réduite à une couche de $0^{\mu},01$ à $0^{\mu},1$, produit un redressement, ce ne sont que des couches isolantes douées de propriétés photoélectriques pour le rayonnement qui donnent l'effet photoélectrique d'arrêt.

De toutes ces observations on avait pu déduire que l'effet photoélectrique d'arrêt de l'oxyde cuivreux ou du sélénium est dû à la diminution de la résistance provoquée par l'éclairement de la couche mince d'arrêt. Une seule contradiction se présentait : la distribution spectrale de ces deux phénomènes était tout à fait différente, le maximum de la photoconductibilité était fixé à $630^{m\mu}$, tandis que le maximum de l'effet photoélectrique des cellules avec une couche d'arrêt se trouve à $540^{m\mu}$. Cette contradiction n'existe plus, comme le montre la figure ci-contre, puisque la différence des épaisseurs suffit à expliquer les résultats observés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Susceptibilité magnétique de quelques hydrates du sulfate de magnésium et de quelques sels de la série magnésienne.* Note [1] de M. E. **Duchemin**, présentée par M. G. Urbain.

Le sulfate de magnésium fournit un grand nombre d'hydrates que l'on peut préparer à partir de l'heptahydrate $SO^4Mg, 7H^2O$. Ce sel est d'ailleurs le point de départ d'une famille de combinaisons moléculaires formant la série magnésienne.

L'étude thermochimique des combinaisons $SO^4Mg, SO^4K^2, 6H^2O$ et $SO^4Mg, SO^4(NH^4)^2, 6H^2O$, en milieu aqueux, met en évidence une dissociation complète. Le mélange des solutions des sels constituants donne lieu, en effet, à des dégagements de chaleur insignifiants. Par contre, la thermochimie des sels considérés à l'état solide fait apparaître un effet thermique notable (Berthelot) [2]. Il y a donc le plus grand intérêt à étudier ces sels à l'état solide.

Dans ce but nous avons effectué un certain nombre de mesures de suscep-

(1) Séance du 6 août 1934.
(2) Berthelot, *Thermochimie*, 2, 1897, p. 261.

tibilités magnétiques à la balance de Curie et Chéneveau (1). Nous avons préparé les sels SO^4K^2, $SO^4(NH^4)^2$ et SO^4Mg rigoureusement purs; ils possédaient les caractéristiques suivantes :

	$\chi.10^6$.	$\chi_M.10^6$.
SO^4K^2	−0,44	−76,7
$SO^4(NH^4)^2$	−0,57	−75,4
SO^4Mg	−0,35	−42,1

L'eau ayant été prise comme étalon, $\chi = -0{,}719.10^6$ (P. Sève) (2) :

$$\chi_M = -12{,}9.10^6;$$

les travaux de Wiedemann (3) et de Pascal (4) ont montré que l'on peut appliquer la règle d'additivité aux combinaisons moléculaires, et qu'au contraire la constitution d'une combinaison complexe s'accompagne d'une dissimulation de magnétisme.

Le tableau ci-dessous indique les susceptibilités magnétiques, les susceptibilités magnétiques moléculaires observées et calculées pour un certain nombre de combinaisons :

		$\chi_M.10^6$	
	$\chi.10^6$.	observé.	calculé.
SO^4Mg, H^2O	−0,31	−42,9	−55,0
$SO^4Mg, 2H^2O$	−0,35	−54,7	−67,2
$SO^4Mg, 7H^2O$	−0,85	−112,0	−132,7
SO^4Mg, SO^4K^2	−0,31	−91,3	−118,6
$SO^4Mg, SO^4K^2, 6H^2O$	−0,47	−189,2	−196,0
$SO^4Mg, SO^4(NH^4)^2, 6H^2O$	−0,54	−195,6	−194,8

Nous n'avons pu effectuer de mesures sur la combinaison SO^4Mg, $SO^4(NH^4)^2$, que nous n'avons pas réussi à isoler à l'état de pureté. Malgré les précautions prises, tout essai de déshydratation de l'hexahydrate ne conduit qu'à l'obtention d'un mélange des sels constituants.

Ces mesures permettent les observations suivantes :

1° Les χ_M des sulfates de magnésium hydratés sont inférieurs aux χ_M calculés d'une quantité égale ou légèrement supérieure aux χ_M d'une molécule d'eau;

2° Pour SO^4Mg, SO^4K^2 il y a également atténuation du diamagné-

(1) *Œuvres de Pierre Curie*, p. 598.
(2) P. Seve, *Ann. Chim. Phys.*, 27, 1912, p. 189.
(3) Wiedemann, *Magnetismus, Dictionnaire de Ladenburg*, 7, 1889.
(4) P. Pascal, *Thèse*, 1909.

tisme tandis que le χ_M de l'hexahydrate est sensiblement égal au χ_M calculé.

L'additivité du diamagnétisme moléculaire s'observe pour le sel SO^4Mg, $SO^4(NH^4)^2$, $6H^2O$.

Ces faits tendraient à considérer les sels SO^4Mg, H^2O et SO^4Mg, SO^4K^2 comme des complexes peu robustes à l'état solide. L'hydratation respecterait la combinaison complexe SO^4Mg, H^2O, mais transformerait déjà en combinaison moléculaire SO^4Mg, SO^4K^2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réaction des sels complexes du cuivre sur la décomposition de l'eau oxygénée* (1). Note de MM. **M. Bobtelsky** et **B. Kirson**, présentée par M. G. Urbain.

Les sels halogénés occupent la place la plus importante parmi ceux des corps complexes de la chimie minérale qui existent en solutions concentrées et qui se décomposent ensuite lorsque la dilution de la solution croît. Entre les chlorures complexes, c'est surtout l'ion complexe cupri-chlorhydrique qui agit sur l'eau oxygénée en la décomposant.

Cette action décomposante n'existe pas pour les solutions concentrées (4 à 6 $n/1$) de chlorure, sulfate ou nitrate d'ammonium, de même qu'elle n'est que relativement faible dans le cas des solutions concentrées de sulfate ou nitrate de cuivre ^{II} (1,5 à 3 $n/1$). L'influence de solutions concentrées de chlorure de cuivre sur la décomposition de l'eau oxygénée, par contre, est incomparablement plus forte que celle des sels de cuivre mentionnés plus haut. Cet effet du chlorure de cuivre dissous est proportionnel à la concentration de ce corps; la valeur de son facteur de température mesuré entre 5° et 15°C. est de l'ordre de 3 à 4. L'influence de chlorures neutres (comme par exemple le chlorure d'ammonium) sur l'effet catalytique du chlorure de cuivre est insignifiant (tableau I).

Tableau I.

Concentration finale de NH^4Cl.		$K.10^5$.
0	norm.	env. 30
(0,166)	»	(149)
0,83	»	553
1,25	»	927
2,5	»	4094
3,33	»	9362

(1) Voir M. Bobtelsky et collaborateurs, *Ztschr. f. anorg. u. allg. Ch.*, **189**, 1930, p. 196; **197**, 1931, p. 161; **206**, 1932, p. 113.

Le tableau I contient quelques résultats d'une série d'expériences où la composition des solutions employées était la suivante : 1^{cm^3} solution 2-normale de $CuSO^4$ (concentration finale env. 0,166 norm.) + 10^{cm^3} solution NH^4Cl x-norm. + 1^{cm^3} solution d'eau oxygénée, les réactions eurent lieu à 15°C. (± 0,1°).

Il y a à peu près proportionnalité entre les valeurs des constantes monomoléculaires K, à même concentration de cuivre et concentrations variables de chlorure d'ammonium, et entre les carrés de cette dernière concentration. Lorsque, par contre, l'on travaille avec des quantités constantes de chlorures, par exemple, dans une solution concentrée de chlorure d'ammonium, et en variant les quantités de chlorure de cuivre, l'on obtient proportionnalité entre les quantités d'eau oxygénée décomposée et les concentrations de chlorure de cuivre. En maintenant la concentration de chlorure de cuivre constante, la présence d'autres sels de cuivre (nitrate, sulfate) en solution concentrée n'exerce plus d'influence appréciable sur l'action catalytique de $CuCl^2$. Dans tous les cas, les quantités (V) d'eau oxygénée décomposée dans un temps donné sont proportionnelles à leur concentration en eau oxygénée pure. Cette quantité (V) est calculable d'après la formule

$$V = K[CuCl^2].[Cl^-]^2.[H^2O^2].$$

La réaction est *pseudo-monomoléculaire*, puisque la régénération du catalyseur complexe $CuCl_4^{--}$ se passe très rapidement par rapport à la décomposition de l'eau oxygénée.

L'action catalytique des solutions de chlorure de cuivre n'est pas une action *moléculaire*, mais elle est provoquée par la formation d'autocomplexe à partir du chlorure cuivrique ($2CuCl^2 \rightarrow Cu^{++} + CuCl_4^{--}$). Le degré de formation d'autocomplexe dans les solutions à diverses concentrations de chlorure cuivrique peut être calculé à partir de l'effet catalytique complexe.

Le coefficient de température de la catalyse par l'ion $CuCl_4^{--}$ est égal à 2,9.

Tandis que l'action catalytique des ions cupro- et cuprichlorhydrique sur la décomposition de l'eau oxygénée est presque la même pour les deux, l'ion cuprocyanhydrique $Cu(CN)_2^-$ n'a aucune influence. Il semble donc que, des ions complexes du cuivre, *seuls sont actifs ceux dans lesquels l'atome de cuivre n'est pas trop fortement lié.*

L'ion $Cu(NH^3)_n^{++}$ agit également d'une manière fortement catalytique. Tandis que des solutions étendues d'ammoniaque accélèrent la décomposi-

tion d'eau oxygénée, des solutions ammoniacales concentrées, même en présence de solutions concentrées de sulfate d'ammonium, agissent à peine. Par contre, la présence de traces d'ions cuivriques (Cu^{++}) provoque des effets catalytiques remarquables. C'est l'ion $Cu(NH^3)^{++}_{2-6}$ qui est le catalyseur agissant. La relation, à quantités constantes d'ion cuivrique, entre l'effet catalytique et la quantité variable d'ammoniaque, est résumée dans le tableau II (composition des essais : 8^{cm^3} de solution 8-normale de sulfate d'ammonium, $+ 1^{cm^3}$ de solution 0,5-normale de sulfate de cuivre, $+ 1^{cm^3}$ de solution x-normale de $NH^3 + 2^{cm^3}$ de solution 1-normale d'eau oxygénée. Température : 15°C. ± 0°1).

Tableau II.

Rapport moléculaire NH^3 : Cu.	Temps de demi-réaction.
1,42	162 minutes
1,9	16 »
2,36	1,5 »
4,72	0,25 »
7,08	1,25 »
9,44	2,25 »
14,2	5,2 »
21,2	14,75 »

Le fait que de grands excès d'ammoniaque ralentissent l'action catalytique de l'ion $Cu(NH^3)^{++}_n$, s'explique par la stabilisation du complexe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons de l'iodure de zirconyle et des iodures alcalins.* Note (¹) de M. **Ed. Chauvenet** et Mlle **J. Boulanger**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons recherché les combinaisons susceptibles d'être formées par l'iodure de zirconyle et les iodures alcalins. Pour cela nous avons utilisé la méthode qui nous avait déjà permis de mettre en évidence les réactions entre le chlorure et le bromure de zirconyle d'une part et les chlorures et bromures alcalins de l'autre, c'est-à-dire la méthode des chaleurs de mélanges de solutions concentrées.

Le titre des solutions employées était 1,5N.

(¹) Séance du 6 août 1934.

	Poids de 100$^{cm^3}$.	Chaleur spécifique.	Valeur en eau.
Iodure de lithium	114,278 g	0,825	94,36
Iodure de sodium	116,582	0,718	83,74
Iodure de potassium	117,656	0,822	96,80
Iodure de rubidium	122,208	0,767	94,54
Iodure de cæsium	129,234	0,682	88,20
Iodure d'ammonium	112,844	0,848	93,30
Iodure de zirconyle	146,792	0,612	90

L'effet thermique des mélanges iodure de zirconyle et iodure de lithium, iodure de zirconyle et iodure de sodium a été nul.

Mélanges iodure de zirconyle-iodure de potassium.

Iodure de zirconyle (cm^3)	5	10	15	20	25
Iodure de potassium (cm^3)	25	20	15	10	5
Effet thermique (calories)	2	3,10	4,88	9,32	1,96

La courbe présente un maximum pour le mélange $I^2(ZrO)$ — IK.

Mélanges iodure de zirconyle-iodure de rubidium.

Iodure de zirconyle (cm^3)	10	15	20	25	27
Iodure de rubidium (cm^3)	20	15	10	5	3
Effet thermique (calories)	4,25	5,13	6,29	3,84	1,77

La courbe présente un maximum pour le mélange $2I^2(ZrO)$ — IRb.

Mélanges iodure de zirconyle-iodure de cæsium.

Iodure de zirconyle (cm^3)	5	15	20	25	27
Iodure de cæsium (cm^3)	25	15	10	5	3
Effet thermique (calories	13,2	33,36	39,61	32,48	16,2

La courbe présente un maximum pour le mélange $2I^2(ZrO)$ — ICs.

Mélanges iodure de zirconyle-iodure d'ammoniun.

Iodure de zirconyle (cm^3)	5	15	20	25
Iodure d'ammonium (cm^3)	25	15	10	5
Effet thermique (calories)	0,92	3,03	4,51	2,60

La courbe présente un maximum pour le mélange $2I^2(ZrO)$ — INH^4.

Les combinaisons signalées sont donc les suivantes :

I^2ZrO, IK,
$2I^2ZrO$, IRb,
$2I^2ZrO$, ICs,
$2I^2ZrO$, INH^4.

Comme dans la série des chlorures et des bromures nous n'avons pu isoler que le composé du cæsium.

Par évaporation lente et à froid d'une solution correspondant au mélange $2I^2(ZrO)$ — ICs et saturée de gaz iodhydrique, il se dépose des cristaux, lesquels desséchés à l'air ordinaire répondent à la composition

$$2I^2ZrO, ICs, 20{,}70H^2O.$$

Résultats analytiques.

	Trouvé.	Calculé.
Zr	13,62	13,46
I	46,49	46,87

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés du calcium sublimé.* Note (¹) de M. **Paul Bastien**, présentée par M. L. Guillet.

Nous avons montré (²), par la variation de diverses propriétés physiques et physicochimiques en fonction de la température, l'existence de trois variétés allotropiques du calcium. Nous avons continué cette étude par la détermination des propriétés, pour la plupart encore mal connues, du calcium *pur*.

Nous avons utilisé du calcium, sublimé suivant le procédé Chaudron-Hérenguel (³) et refondu sous argon, d'une pureté de 99,3 pour 100. Pour un certain nombre de propriétés, les résultats ont été comparés avec ceux donnés par deux calciums industriels :

1° l'un (calcium A), de très bonne fabrication, à 98,6 pour 100 de pureté;

(¹) Séance du 3 septebmre 1934.
(²) P. Bastien, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 831.
(³) Hérenguel et Chaudron, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 771, et 195, 1932, p. 1272.

2° l'autre (calcium B), de moins bonne qualité, à 93 pour 100 de calcium total.

Propriétés physiques : Coefficient de dilatation. — Il fut déterminé au dilatomètre mécanique Chevenard, en atmosphère d'argon; le coefficient de dilatation moyen entre 20° et 100° a été trouvé égal à

$$\alpha_{20^\circ}^{100^\circ} = 25,2 \times 10^{-6}.$$

Dureté. — Elle fut mesurée au moyen de l'appareil de Pomey et Voulet, avec des charges comprises entre 2 et 10^{kg} et des temps d'application variables; la dureté trouvée est indépendante des conditions d'empreinte, dans les limites considérées; elle est de

$$\Delta_{\text{Ca sublimé}} = 13, \quad \Delta_{\text{Ca (A)}} = 14, \quad \Delta_{\text{Ca (B)}} = 26.$$

Densité. — Déterminée dans le tétrachlorure de carbone, par la méthode hydrostatique; la moyenne des résultats obtenus fut de

$$d_{20^\circ} = 1,542 \text{ à } \pm 0,0005 \text{ près.}$$

Propriétés mécaniques. — La ductilité et la capacité de déformation du calcium sublimé nous ayant frappé, nous avons étudié systématiquement ses propriétés mécaniques à la traction, à la flexion statique et par choc ainsi qu'au cisaillement; le tableau suivant (¹) résume les résultats obtenus à la traction et à la flexion par choc sur les trois catégories de calcium considérées.

	R (kg/mm²).	E (kg/mm²).	A (°/₀).	Σ (°/₀).	ρ (kgm/cm²).	α.
Calcium sublimé....	4,4	1,03	53	62	3,06	123°
Calcium A..........	5,1	2,2	30,5	37	3,50	63°
Calcium B..........	2,8	difficilement mesurable en raison du très faible allongement de rupture			0,16	4°

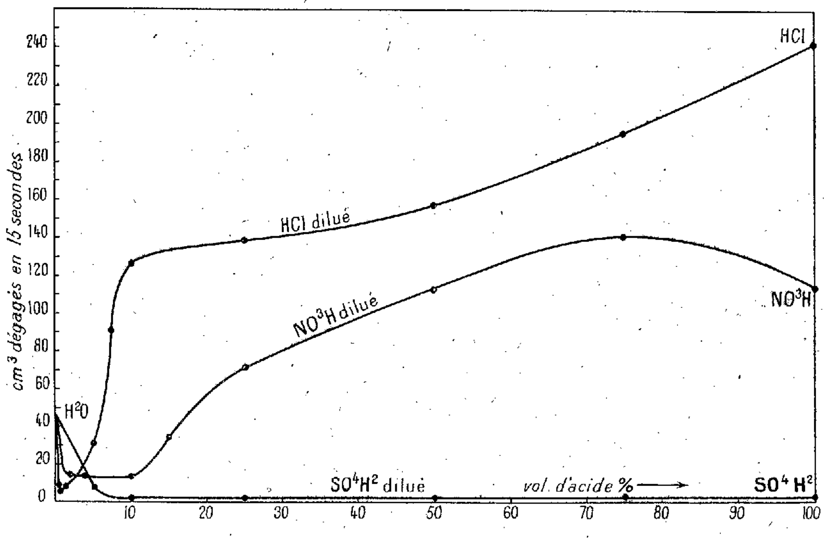
Les valeurs obtenues mettent en évidence l'influence primordiale des impuretés sur la capacité de déformation du calcium.

Des déterminations de module furent également faites sur le calcium sublimé; les résultats obtenus avec l'élasticimètre Martens à miroir donnent 2000 pour module et ceux obtenus au moyen du pendule Le Rolland et Sorin 2600.

L'étude des déformations du calcium à la traction, en fonction du temps,

(¹) ρ, résilience Mesnager en kgm/cm²; α, angle de pliage en degrés.

fut conduite à l'ambiante (18° C.) en utilisant les appareils de J. Galibourg; les résultats furent les suivants : limite des allongements sans écoulement, 0,4 kg/mm²; limite des allongements instantanés proportionnels, 1,05 kg/mm².



Attaque du calcium pur dans les acides dilués.

Enfin l'étude de la compression à chaud du calcium nous a permis de situer la température de filage de ce métal entre 420° et 460° et d'obtenir un métal filé ayant une dureté de 17 et un allongement à la rupture supérieur à 60 pour 100.

Résistance du calcium aux acides. — Les trois sortes de calcium furent comparées, au moyen de l'appareil Thyssen-Bourdouxhe, dans une solution à 1 pour 100 alcoolique d'acide chlorhydride. Les pertes de poids en 10^{H} furent les suivantes :

Ca sublimé = 116 mg/cm²; Ca(A) = 147 mg/cm²; Ca(B) = 120 mg/cm².

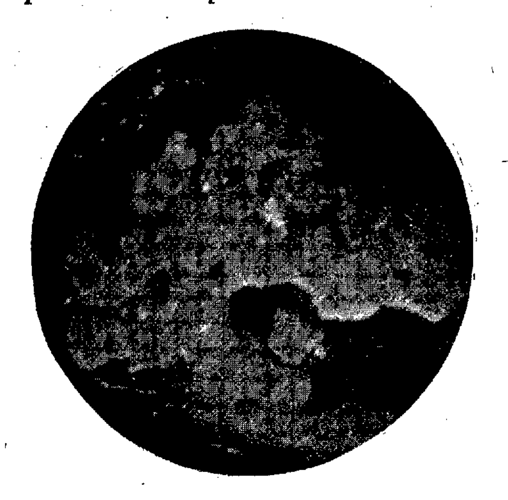
La corrosion plus rapide du calcium (A) peut s'expliquer par le fait que ses impuretés sont principalement constituées par des impuretés métalliques (silicium et fer) hors de solution solide, celles du calcium (B) étant en majeure partie du chlorure de calcium et de la chaux.

La vitesse d'attaque du calcium sublimé fut de plus étudiée, par la mesure du dégagement gazeux en fonction du temps, dans diverses solutions acides, de dilutions variables (voir la figure).

MÉTALLURGIE. — *Mécanisme d'oxydation des alliages du magnésium et de ceux du calcium à température élevée.* Note [1] de M. **Robert Delavault.**

Nous avons montré [2] comment l'oxydation du magnésium et des alliages riches en magnésium pouvait se faire par l'intermédiaire de protubérances à très grande surface.

De nouvelles expériences nous permettent d'avancer une explication qualitative du phénomène :



Alliage Mg-Al à 25 °/₀ Mg, oxydé vers 600°. Coupe. × 20.



Alliage Mg-Al à 25 °/₀ Mg, début d'oxydation vers 600°. Surface. × 20.

1° Nous avons pu l'observer très ralenti sur les alliages de magnésium contenant 40 pour 100 ou plus d'aluminium. Ceux-ci peuvent être amenés à l'état liquide sans protection. A la longue, la surface bien nettoyée du liquide ternit, noircit parfois, puis se plisse. On voit se former des bourrelets, qui grossissent surtout par la partie supérieure, et d'une façon assez irrégulière. Au bout de quelques secondes, la surface du métal paraît couverte de granules arrondis, d'un à plusieurs millimètres de diamètre.

---

(1) Séance du 30 juillet 1934.

(2) *Bull. Soc. chim.*, **1**, 1934, p. 419; *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1929.

Ceux-ci en émettent d'autres et, finalement, tout le métal (alors que son poids n'augmente que de quelques centièmes) se trouve à l'état d'une masse granuleuse, de volume apparent très supérieur. Souvent la couleur du début, noire ou grise, diffère de celle de la formation définitive. On peut alors voir que les îlots de surface primitive s'écartent progressivement, à mesure que s'étend la surface d'aspect métallique qui les sépare. Finalement, la surface primitive n'existe plus qu'à l'état de taches, généralement concaves. Cette dualité de la surface liquide est probablement la cause, en contrariant le libre jeu des forces superficielles, de la forme irrégulière des protubérances. Dans de rares cas seulement nous avons pu observer des sphéroïdes.

2° On peut protéger le magnésium lors de sa fusion en formant, dans l'atmosphère au contact du métal, de petites quantités de fluorure de bore. Il est remarquable de constater que le magnésium pur, lorsque la teneur et partant la protection ne sont pas absolument suffisantes, se comporte comme les alliages décrits ci-dessus.

3° Le calcium réagit brutalement à l'air. Si l'on abaisse le point de fusion en ajoutant, par exemple, de l'argent (10 pour 100 en molécules par exemple), on constate des phénomènes identiques à ceux que présentent le magnésium pur. L'addition d'autres métaux, tels que Cu, Cd, Zn, Al, donne des résultats analogues.

On peut alors proposer l'explication suivante : la surface libre du magnésium, ou d'un alliage riche en ce dernier métal, est susceptible de s'oxyder, en formant une pellicule adhérente. Celle-ci n'est pas continue : que le volume en soit insuffisant, ou que la vapeur métallique la déchire par endroits (on a vérifié la vraisemblance de cette action en observant l'action du gaz ammoniac sur le magnésium). Mais les bords de la pellicule, en tant que réseau cristallin, ou bien la surface du liquide, en formant une solution superficielle, pourraient agir sur les molécules d'oxyde dès leur formation. Celles-ci se rassembleraient alors suivant un nombre limité, et peut-être réduit à l'unité, d'épaisseurs moléculaires, au lieu de permettre la formation de nombreuses couches superposées.

On voit également que deux phases liquides de composition très différentes (magnésium pur et magnésium aluminium) peuvent, dans des conditions différentes aussi, donner lieu au même phénomène. Il semble donc bien qu'en première approximation on puisse relier celui-ci à ce qu'il y a de commun entre les causes : soit à la formation d'une solution superficielle

de magnésie sur le métal, soit à l'émission de magnésium gazeux, suivi d'oxydation, et à la modification de la surface du liquide par les produits d'oxydation. L'action serait d'autant plus lente que les phénomènes de vaporisation seraient moins prononcés, ou les phénomènes d'oxydation moins efficaces.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'emploi du pouvoir inducteur spécifique dans l'étude des réactions en solution organique.* Note [1] de M. **Pierre Laurent**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons montré, avec M. A. Chrétien [2], que la mesure du pouvoir inducteur spécifique (p. i. s.) permet de déceler des caractères acides et des caractères basiques dans les composés organiques en l'absence d'eau. Voici, parmi les nouveaux exemples étudiés, quelques cas curieux. Les mesures sont faites en solution benzénique à 20° par la méthode des variations continues. Les solutions qui réagissent sont équimoléculaires, mais les résultats ont toujours été confirmés par l'étude de solutions non équimoléculaires.

1° *Azobenzène.* — Si l'on ajoute une solution d'azobenzène à une solution d'*o*-nitrophénol, le p. i. s. s'abaisse jusqu'à 1^mol d'azobenzène pour 2^mol d'*o*-nitrophénol; il s'abaisse ensuite plus lentement jusqu'à addition d'une deuxième molécule d'azobenzène, puis plus rapidement jusqu'à l'azobenzène pur. Le diagramme (courbe I, 1/6 mol-g/litre) montre trois segments présentant deux points anguleux, d'abscisse 0,33 et 0,50. Ces phénomènes, observés pour des concentrations de 1/6, 1/8, 1/10 et 1/15 mol-g/l, mettent en évidence l'existence en solution de deux composés:

$$C^6H^5-N=N-C^6H^5,\ C^6H^4\begin{cases}OH\ (1)\\NO^2\ (2)\end{cases} \quad \text{et} \quad C^6H^5-N=N-C^6H^5,\ 2\,C^6H^4\begin{cases}OH\ (1)\\NO^2\ (2)\end{cases}.$$

Des résultats analogues s'observent en substituant l'α-dinitrophénol à l'*o*-nitrophénol. L'azobenzène se comporte donc comme une bibase pou-

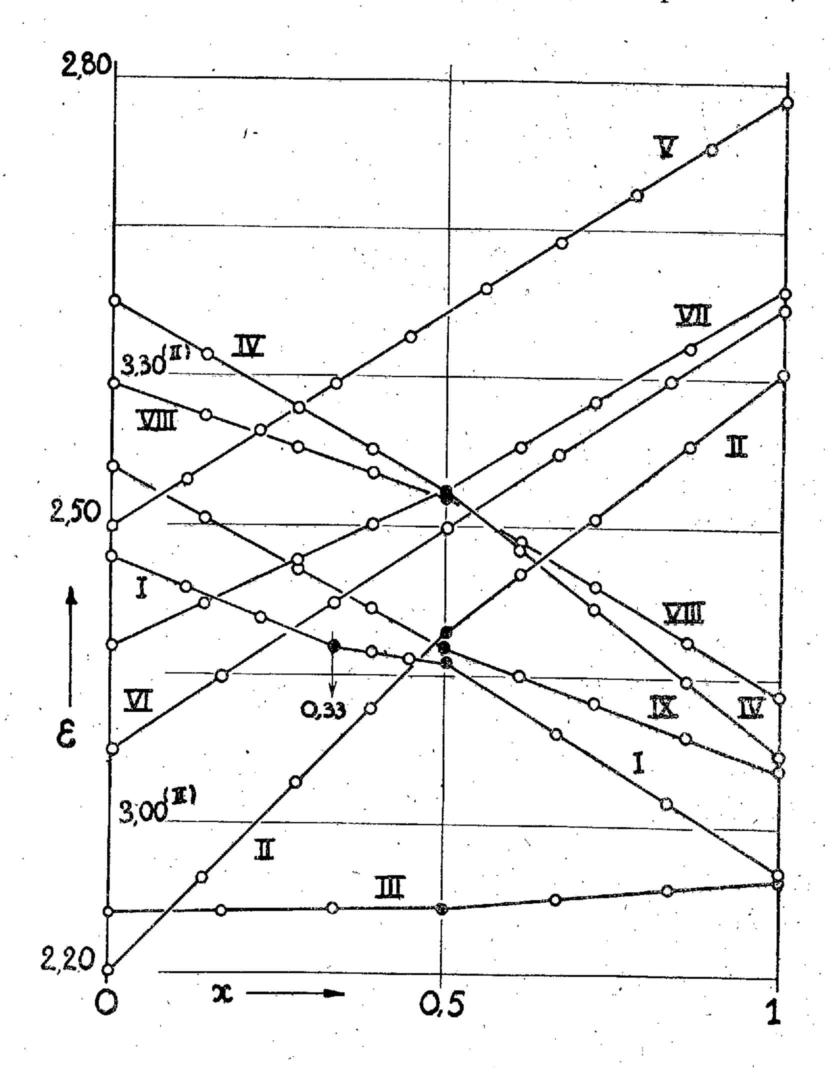
---

[1] Séance du 6 août 1934.

[2] André Chrétien et Pierre Laurent, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 792.

vant former avec chacun de ces corps un composé basique et un composé neutre.

2° *Hydrazobenzène.* — Par addition d'hydrazobenzène à de l'α-dinitrophénol, on obtient un diagramme formé, comme le précédent, de trois



segments se coupant pour les abscisses 0,33 et 0,50. Deux fonctions basiques sont ainsi caractérisées dans l'hydrazobenzène.

3° *Diphénylhydrazine dissymétrique.* — Ce corps se comporte comme une bibase, analogue à l'azobenzène, et à l'hydrazobenzène.

4° *Benzonitrile.* — La variation du p.i.s. d'une solution d'*o*-nitrophénol par addition de benzonitrile (courbe II, 1/2 mol-g/1) est représentée par deux droites dont l'intersection, d'abscisse 50, caractérise le composé $C^6H^5CN, C^6H^4\left\langle\begin{matrix}OH(1)\\NO^2(2)\end{matrix}\right.$. Le benzonitrile se comporte donc comme une monobase. Il en est de même de l'acétonitrile.

5° *Triphénylméthane.* — Le graphique obtenu avec la pyridine (courbe III, 1/20 mol-g/1) est formé de deux droites se coupant pour l'abscisse 50. Le triphénylméthane se comporte comme un monoacide formant le composé $(C^6H^5)^3CH, C^5H^5N$.

6° *o. et m.-nitraniline.* — Par addition de pyridine, l'*o*-nitraniline donne un diagramme (courbe IV, 1/6 mol-g/l) mettant en évidence le composé $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}NH^2(1)\\NO^2(2)\end{matrix}\right., C^5H^5N$; aucune réaction n'apparaît par addition de α-dinitrophénol (courbe V, 1/5 mol-g/l). Les phénomènes sont inversés avec la *m*-nitraniline : l'addition de pyridine entraîne une variation linéaire du p.i.s. (courbe VI, 1/8 mol-g/l); l'addition de α-dinitrophénol donne deux droites (courbe VII, 1/8 mol-g/l) dont l'intersection caractérise le composé $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}NH^2(1)\\NO^2(3)\end{matrix}\right., C^6H^3\left\langle\begin{matrix}OH\\(NO^2)^2\end{matrix}\right.$. L'*o*-nitraniline se comporte donc comme un acide, et la *m*-nitraniline comme une base. La mesure du p.i.s. permet de distinguer ces deux isomères.

7° *Diphénylamine.* — Ce composé peut se combiner avec la pyridine (courbe VIII, 1/2 mol-g/l), et avec l'*o*-nitrophénol (courbe IX, 1/5 mol-g/l). Dans les deux cas, le diagramme est formé de deux droites se coupant pour l'abscisse 50. Les composés

$$(C^6H^5)^2NH, C^5H^5N \quad \text{et} \quad (C^6H^5)^2NH, C^6H^4\left\langle\begin{matrix}OH(1)\\NO^2(2)\end{matrix}\right.,$$

mis ainsi en évidence, donnent à la diphénylamine un caractère basique et un caractère acide.

8° *Diphénylguanidine.* — Les résultats sont analogues à ceux donnés par la diphénylamine; mais la formation d'un précipité avec l'*o*-nitrophénol dans les limites des concentrations utilisables rend les mesures très délicates.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de nitrosyle sur quelques nitriles aromatiques.* Note (¹) de M. **Roger Perrot**, présentée par M. G. Urbain.

Les méthodes préconisées en général pour l'obtention des benzocyanaldoximes consistent en une nitrosation du groupe CH^2 des nitriles correspondants; elle s'effectue en recourant soit à l'acide nitreux [2], soit à un nitrite d'alcoyle [3], toujours en présence d'alcoolate alcalin.

L'oxyde azotique en présence d'alcoolate peut conduire aux mêmes composés, mais leur obtention est subordonnée à la formation des diisonitramines dérivant de l'acide hyponitreux, qui sont scindées en oximes par les acides [4]. Récemment Cambi et ses collaborateurs [5] sont également parvenus à l'α-oximinophénylacétonitrile par l'emploi du nitroprussiate de sodium.

J'ai étudié l'action du chlorure de nitrosyle sur une série de nitriles arylaliphatiques; dans une précédente Note [6], j'ai montré que les carbures possédant des groupes méthyléniques étaient transformés par ce chlorure d'acide en dérivés chlorés. Dans le cas des nitriles, par contre, l'aptitude réactionnelle des groupes CH^2 voisins du groupement fonctionnel est bien différente et la nitrosation conforme au schéma suivant, est la réaction principale :

$$C^6H^5CH^2CN + NOCl \rightarrow HCl + C^6H^5C(CN)=NOH.$$

Son rendement s'évalue facilement par la quantité d'acide chlorhydrique formé; d'autre part, les réactions secondaires se traduisent par la formation d'azote et d'oxyde azotique.

(¹) Séance du 6 août 1934.

(²) A. Meyer, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, 21, 1888, p. 1314.

(³) Frost, *Liebig's Annalen d. Chem.*, 250, 1888, p. 163; Zimmermann, *Journ. f. prak. Chem.*, 66, 1902, p. 356.

(⁴) Traube, *Liebig's Annalen d. Chemie*, 300, 1898, p. 127; *Ber. deut. Chem. Ges.*, 28, 1895, p. 1797.

(⁵) Cambi, Cagnasso et Ricci, *Gazetta chim. Italiana*, 61, 1931, p. 3.

(⁶) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1424.

Pour analyser le mélange gazeux, j'ai effectué la réaction dans des tubes de verre scellés sous vide, permettant de faire le prélèvement voulu. Les nitriles sont utilisés à l'état pur, soit dissous dans du chloroforme. Les durées nécessaires à la transformation totale du NOCl varient de un à plusieurs jours à température ordinaire; elles sont notablement diminuées par chauffage vers 60° ou 80° C. Les vitesses de réaction comparées à celles du phénylacétonirile montrent que l'introduction du groupe nitro en para dans le noyau benzènique accélère la transformation; en ortho il la ralentit; d'une façon générale, ce sont les derivés ortho-substitués qui entrent le moins facilemnt en réaction. Le β-phénylpropionitrile, par suite de l'éloignement du groupe phényle réagit lentement, alors que le benzoylacétonitrile est transformé en quelques minutes.

Le rendement en oxime pure peut atteindre 65 pour 100 dans le cas du cyanure de benzyle, il atteint 80 pour 100 pour le benzoylacétonitrile; par suite des réactions secondaires de chloruration et d'oxydation, il est, en général, inversement proportionnel à la durée exigée pour la décoloration du NOCl.

Parmi les oximes obtenues, certaines avaient déjà été décrites; leurs points de fusion, mesurés avec l'appareil de Thiele et ceux des dérivés qui permettent de les identifier, sont réunis dans le tableau ci-dessous :

Nitriles.	Oximes.	Benzoates.	*p*-Nitro-benzoates.	Benzène sulfonates.	*p*-Toluène sulfonates.
Phénylacétonitrile.......	PF. 128°,5*	PF. 136°*	PF. 175°	PF. 132°	PF. 134°,5
o-Tolylacétonitrile.......	non cristallisée	PF. 82°	PF. 149°,5	»	»
o-Chlorphénylacétonitrile.	PF. 125°*	PF. 104°*	PF. 203°	PF. 91°	PF. 104°
o-Nitrophénylacétonitrile.	PF. : 80° (syn.) 142° (anti)	PF. 156°	PF. 237°	»	PF. 150°
p-Nitrophénylacétonitrile.	PF. 166°*	PF. 156°*	PF. 226°	»	PF. 152°
β-Naphtylacétonitrile	PF. 145°	PF. 172°	PF. 224°	»	»
Benzoylacétonitrile......	PF. 122°*	PF. 117°	PF. 180°	PF. 112°	PF. 117°

Nota. — Les composés marqués du signe (*) ont déjà été signalés.

Le sel de sodium de l'oximinophénylacétonitrile a fourni en outre avec le chlorure d'éthyloxalyle l'éther-sel correspondant de P.F. 93° C. et avec le bromure de cyanogène l'α-cyanoximinophénylacétonitrile de P.F. 243° C.

Les nitriles dont la fonction CN est fixée sur le noyau benzénique se comportent comme des hydrocarbures. Le chlorure de nitrosyle les transforme en dérivés chlorés dans les mêmes conditions. Vers 180°, on observe en outre l'oxydation du groupe CN à l'état de chlorure d'acide suivant le schéma

$$C^6H^5CN + NOCl \rightarrow N^2 + C^6H^5COCl.$$

L'analyse du gaz indique l'importance relative de ces deux réactions; la formation du chlorure d'acide est d'autant plus grande que le cycle résiste

mieux à la chloruration. Avec le benzonitrile l'analyse décèle une forte proportion d'azote, tandis qu'avec les tolu- et naphtonitriles l'oxyde azotique prédomine. Dans le cas des nitriles nitrés il se produit en outre un remplacement du groupe NO^2 par le chlore (¹) comme le démontre la formation de peroxyde d'azote.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un nouvel alcaloïde des* Mitragyna, *la mitrinermine*. Note (²) de MM. **Raymond-Hamet** et **L. Millat**, présentée par M. Delépine.

Guibourt et Planchon (³) et récemment M. Perrot (⁴) ont signalé que les écorces de *Mitragyna inermis* O. Kuntze, connues de certaines peuplades de l'Afrique tropicale sous les noms de *Josse* et de *Diou*, sont utilisées par elles comme fébrifuges.

D'écorces qui avaient été envoyées à M. Perrot sous la dénomination de Diou, un alcaloïde amorphe a été extrait qui donne avec le réactif de Fröhde une belle coloration bleue et qui, comme les alcaloïdes de l'ergot et comme la yohimbine, inverse les effets hypertenseurs de l'adrénaline (⁵).

M. Perrot, ayant reçu récemment un nouvel envoi d'écorces de Diou auxquelles leur collecteur, M. Mamadou Keita, avait joint des échantillons d'herbier prélevés sur les arbres mêmes qui avaient fourni les écorces, voulut bien nous confier l'étude de ce précieux matériel.

Tout d'abord nous nous sommes assurés, par une étude botanique complète, qu'il s'agissait bien du véritable *Mitragyna inermis* O. Kuntze (= *M. africana* Korthals).

Après avoir été grossièrement pulvérisées, puis humectées avec une solu-

(¹) Ce déplacement s'observe également avec le nitrobenzène. Il est sans doute l'analogue de celui signalé sous l'action de SO^2Cl^2 par Battegay et Denivelle, *Bull. Soc. chim.*, **45**, 1929, p. 691.

(²) Séance du 18 juin 1934.

(³) *Histoire naturelle des drogues simples*, 7ᵉ édition, Paris, 1876, p. 191-192; et H. Baillon, *Journ. de Pharmacie et de Chimie*, 4ᵉ série, **30**, 1879, p. 24-25.

(⁴) *Sur les productions végétales indigènes ou cultivées de l'Afrique occidentale française*, Lons-le-Saunier, 1929, p. 334.

(⁵) E. Perrot, Raymond-Hamet et P. Larrieu, *Bull. de l'Acad. de Médecine*, **103**, 1930, p. 590-596.

tion de carbonate de potassium, ces écorces ont été traitées par la benzine. Les alcaloïdes de la solution benzénique ont été extraits par une solution d'acide formique puis précipités de cette solution par le carbonate de potassium. 32^{kg} d'écorces ainsi traitées ont donné 70^{g} d'alcaloïdes bruts. En présence du réactif de Fröhde, ces alcaloïdes bruts nous ont donné, non point la coloration bleue qu'on obtient avec l'alcaloïde étudié par M. Perrot, Raymond-Hamet et Larrieu, mais une teinte jaune vert très rabattu de noir [1] (c'est-à-dire brun verdâtre sale) passant lentement au vert très rabattu de noir (vert sale).

Après purification et cristallisations répétées dans l'acétone, nous avons obtenu un alcaloïde en très beaux cristaux blancs dont le point de fusion en tube capillaire varie, suivant la rapidité de l'opération, de 202 à 216°. Chauffé à 100° dans le vide et en présence de pentoxyde de phosphore, cet alcaloïde conserve un poids constant.

Soumis à la microanalyse, il nous a donné les valeurs moyennes suivantes :

68,95 pour le C; 7,43 pour le H et 7,51 pour le N. Elles ne s'écartent que fort peu de celles qu'exige la formule $C^{22}H^{28}N^{2}O^{4}$ et qui sont de 68,70 pour le C, de 7,34 pour le H et de 7,29 pour le N.

Le poids moléculaire correspondant à cette formule est de 385. Celui que la méthode de Rast attribue à notre alcaloïde est de 460 ± 10 pour 100 (camphre comme solvant).

La détermination des groupements méthoxyles (soit 15,82 pour 100) par la micro-méthode de Zeisel correspond à la présence de deux méthoxyles (calculé 16,14 pour 100).

Notre alcaloïde donne avec le réactif de Mandelin, une coloration rouge orangé passant à l'orangé, au jaune orangé, au jaune vert rabattu, enfin à un vert magnifique. Mais, même en une demi-heure, il ne colore, ni le réactif de Fröhde, ni l'acide sulfurique.

Autant du moins qu'on en puisse juger par les caractères qui leur ont été attribués par ceux qui les ont découverts, aucun des alcaloïdes, qu'on a extraits des différentes espèces de *Mitragyna* étudiées jusqu'à ce jour, ne peut être confondu avec celui que nous avons isolé du *Mitragyna inermis*.

---

(1) Ces colorations ont été comparées aux types du *Répertoire chromatique* de Lacouture (Paris, 1890).

Aussi nous croyons-nous autorisés à proposer, pour ce dernier, le nom de *Mitrinermine* qui rappelle celui de la Rubiacée dans laquelle nous l'avons trouvé.

HORMONES. — *Sur une substance liposoluble œstrogène isolée des tumeurs mammaires spontanées de souris.* Note [1] de M. **P. Zéphiroff** et Mme **N. Dobrovolskaia-Zavadskaia**, transmise par M. F. Mesnil.

Les efforts de beaucoup d'investigateurs sont dirigés actuellement sur l'étude des rapports qui peuvent exister entre le fonctionnement des glandes à sécrétion interne et le cancer. Ainsi Lathrop et Lœb (1916), puis Lœb (1919) ont démontré que l'ablation des ovaires diminue la proportion de cancers chez les femelles appartenant à une lignée de Souris riche en cancer. Cori (1927) a pu supprimer complètement le cancer chez les femelles de souche cancéreuse en les castrant à l'âge de 15 à 20 jours. Murray (1927-1928) a mis en évidence le rôle de la sécrétion ovarienne dans le développement du cancer de la mamelle en provoquant ce cancer par une transplantation des ovaires chez les souris mâles castrées : 7 sur 210 mâles castrés et féminisés ont développé l'adéno-carcinome de la mamelle, tandis que 241 mâles, castrés seulement, n'en ont présenté aucun. Lacassagne (1932-1933), se servant des souris des lignées sélectionnées au cours de nos recherches sur l'hérédité de la prédisposition au cancer (Dobrovolskaia-Zavadskaia 1929 à 1934), a pu produire des cancers de la mamelle chez les mâles en faisant des injections hebdomadaires de folliculine à des souriceaux de 10 à 18 jours; il a démontré en même temps qu'à ce point de vue le comportement des mâles n'a pas été le même dans les lignées génétiquement différentes.

En ce qui concerne les autres hormones, nous pouvons indiquer l'observation de B. Zondek (1930) qui a trouvé dans les urines des femmes l'augmentation du *prolan* A, hormone déterminant la maturation du follicule, dans 81,8 pour 100 de cas de tumeurs des organes génitaux et dans 36 pour 100 de cas de tumeurs extra-génitales.

Nous nous sommes proposé de rechercher les produits de nature hormonale dans les tumeurs mêmes. A cet effet, les tumeurs spontanées de nos

(1) Séance du 3 septembre 1934.

Souris (adéno-carcinome de la mamelle) ont été à plusieurs reprises accumulées en quantités suffisantes pour l'analyse; elles étaient conservées, au cours de cette accumulation, dans l'alcool ou l'éther. En raison du fait que la quantité de tumeurs disponible était petite, on s'est arrêté à une suite de manipulations chimiques qui permet d'isoler plusieurs fractions différentes de la même masse tumorale. Les données concernant une fraction hydrosoluble ont été déjà communiquées à l'Académie [1]. L'objet de cette Note sera de rapporter les observations faites avec une fraction liposoluble préparée de la façon suivante :

1° Épuisement au moyen d'éther et d'alcool, des tumeurs broyées, et séparation des solvants par filtration;

2° Épuisement du résidu restant sur le filtre par de l'eau alcalinisée, filtration, acidulation du filtrat et précipitation au moyen d'alcool de la fraction hydrosoluble; sa séparation par filtration.

3° Le filtrat alcoolique est concentré par distillation jusqu'à ce qu'il n'en reste que la partie aqueuse; celle-ci est acidulée et soumise à une nouvelle extraction au moyen d'éther.

4° L'extrait éthéré qui en résulte est réuni avec le mélange d'éther et d'alcool qui a été obtenu au premier temps du traitement. La totalité de l'extrait éthéro-alcoolique est ensuite débarrassée de l'alcool et de l'éther par distillation; le résidu épais, contenant la substance résistant au chauffage et qui nous intéresse actuellement, est dissous dans l'huile d'olives vierge et injecté à des femelles castrées de Rats.

Voici quelques détails sur ces expériences :

1° 25^{g} de tumeurs fournissent 6^{cm^3} de solution; on injecte $5^{cm^3},5$ en 4 jours. Oestrus le 5e jour après le début des injections.

2° 65^{g} de tumeurs fournissent 5^{cm^3} de solution. Oestrus après 3 injections de $0^{cm^3},5$ chacune : le 3e jour, cellules nucléées et cornées, leucocytes; le 5e jour, cellules cornées seules.

3° 52^{g} de tumeurs fournissent 5^{cm^3} de solution. Oestrus après 3 injections de $0^{cm^3},5$ chacune, espacées sur 2 jours; le 3e jour, beaucoup de cellules épithéliales nucléées; le 4e jour, beaucoup de cellules cornées, pas de leucocytes.

La même solution huileuse a servi pour injection à une femelle de Rat jeune pesant $24^{g},5$. Après trois injections de $0^{cm^3},2$ chacune, ouverture du

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1950.

vagin à l'âge de 3 semaines et demie et au poids de 28^g (spontanément le vagin de nos rats ne s'ouvre pas avant l'âge de 7 semaines et le poids de 45^g). A l'autopsie, l'utérus est sensiblement augmenté, les ovaires bien développés, mais pas de follicule hémorragique.

4° 55^g de tumeurs fournissent 5$^{cm^3}$ de solution. Oestrus après l'injection de 1$^{cm^3}$,8 de solution, répartie sur deux jours.

Pour voir si la glande mammaire normale ne contient pas quelque produit qui agirait de la même façon, on a essayé à deux reprises la fraction liposoluble provenant de la mamelle de la vache. Ces produits se sont montrés complètement inactifs en ce qui concerne l'action oestrogène sur les femelles castrées. Un résultat négatif a été jusqu'ici également obtenu avec des produits isolés du cancer du sein humain.

En résumé, une substance liposoluble a été isolée de l'adéno-carcinome de la mamelle de Souris. Cette substance est caractérisée par son extractibilité par les solvants organiques, par sa résistance aux acides et aux alcalis et par sa thermostabilité considérable. Son action physiologique — action oestrogène, établie sur les femelles castrées (test Allen-Doisy) et par l'ouverture précoce du vagin chez la femelle jeune (test Doisy-Curtis) — révèle sa nature hormonale et la rapproche des hormones ovariennes du type de la folliculine.

La séance est levée à 15^{h}5^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances d'aout 1934 (*suite et fin*).

La sviluppo della prospettiva in Francia nel secolo XVII, par Federico Amodeo. Extrait des *Atti dell' Accademia Pontaniara*, vol. LXIII. Napoli, Tipografia dell ospedale psichiatrico provinciale « Leonardo Bianchi », 1933; 1 fasc. 26^{cm}.

Medical Library Association. Report of the Committee on the Cost of Current Medical Periodicals for the year of 1933-1934 (Reprinted from the *Bulletin of the Medical Library Association*, N. S. 23 : n° 1, 1934); 1 fasc. 24^{cm}.

Spedizione italiana de Filippi nell' Himàlaia, Caracorùm e Turchestán Cinese (1913-1914) :

— *La esplorazione della Regione fra l'Himálaja Occidentale e il Caracorùm*, série II, vol. I, par Giotto Dainelli;

— *La serie dei Terreni*, première et seconde parties, série II, vol. II, par Giotto Dainelli;

— *Fossili del Paleozoïco*, série II, vol. V, par M. Gortani et G. Merla. Bologna, Nicola Zanichelli, 1933-1934; 4 vol. 31^{cm}.

La Scienza relativa all' Esperienza. Preliminari o della Matematica relativa all' Esperienza, par Gaetano Ivaldi. Genova, libreria editrice Italia, 1934; 1 vol. 25^{cm}.

Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'Électricité dans le domaine des étalons électriques et photométriques, par Paul Janet. Extrait du *Bulletin de la Société française des Électriciens*, juillet 1934. Paris. Gauthier-Villars; 1 fasc. 27^{cm}.

Die motorische Kraft. Grundzüge einer Theorie der Bewegung, par Paul Meyer, Berlin, F. Schneider et C°, s. d.; 1 vol. 23^{cm}.

Plantas medicinales mas Usadas en Bogota, par Enrique Perez Arbelaez. Suplemento al *Boletin de Agricultura*, n° 32. Bogota, Imprenta Nacional, 1934; 1 vol. 24^{cm},5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 SEPTEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'emploi d'échelles verticales et horizontales différentes dans les études sur modèles réduits en hydraulique.* Note (¹) de MM. **Charles Camichel**, **Eugène Fischer** et **Léopold Escande**.

Dans l'étude sur modèles réduits des phénomènes d'hydraulique fluviale ou maritime, il est d'une pratique courante d'adopter des échelles horizontales et verticales très différentes ; cela résulte de l'obligation où l'on se trouve d'employer une échelle horizontale assez faible pour limiter l'encombrement du modèle, tout en maintenant dans celui-ci un tirant d'eau suffisant ; en effet, si la profondeur devenait trop petite, la viscosité interviendrait pour perturber l'écoulement et détruire la similitude hydraulique, et il pourrait même arriver qu'au mouvement turbulent existant dans la nature, corresponde, dans le modèle, un mouvement laminaire sans aucun rapport avec celui-ci.

Avec ces échelles verticales et horizontales différentes, il n'y a plus de similitude géométrique entre l'ouvrage et son modèle ; celui-ci devient une représentation conventionnelle de l'ouvrage à étudier et il n'existe aucune raison théorique qui permette d'affirmer, à priori, que les mouvements hydrauliques existant dans le modèle seront la représentation, sur les mêmes bases conventionnelles, des phénomènes susceptibles de se produire dans l'ouvrage.

Plusieurs essais, effectués suivant cette méthode, en particulier les

---

(¹) Séance du 10 septembre 1934.

études de l'estuaire de la Mersey faites par Osborne Reynolds, ont indiqué certaines concordances entre les phénomènes constatés dans la nature et les résultats des expériences de laboratoire.

Toutefois, il n'a jamais été fait d'expérience précise permettant de se rendre compte de la validité de ce mode opératoire, ce qui est d'autant plus étonnant que celui-ci est depuis longtemps d'usage courant dans tous les laboratoires. C'est pourquoi nous avons entrepris des expériences dans ce but; nous allons indiquer les premiers résultats que nous avons obtenus.

Nous avons abordé le cas particulièrement simple d'un mouvement à deux dimensions : l'écoulement plan correspondant au déversement sans contractions latérales au-dessus d'un seuil à section droite triangulaire placé en travers d'un canal d'expériences de 20^{cm} de largeur, comme l'indique la figure 1.

Le modèle de base étant A, déversoir de 24^{cm} de base sur 4^{cm} de hauteur, un second modèle B de 24^{cm} de base sur 12^{cm} de hauteur correspond à une même échelle horizontale et à une échelle verticale trois fois plus grande; un dernier modèle C de 6^{cm} de base sur 12^{cm} de hauteur peut être considéré, par rapport à A, comme un modèle ayant une échelle horizontale 4 fois moindre et une échelle verticale triple; ce modèle peut encore être considéré comme le modèle réduit à l'échelle unique 1/4 d'un modèle qui, par rapport à A, correspondrait à une même échelle horizontale, et à une échelle verticale 12 fois plus grande.

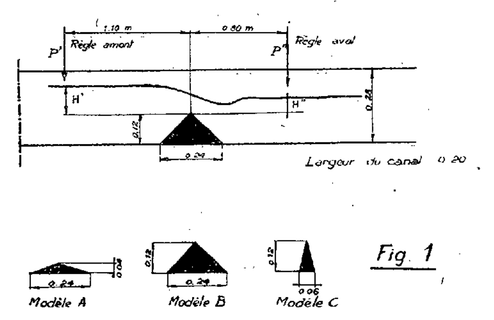


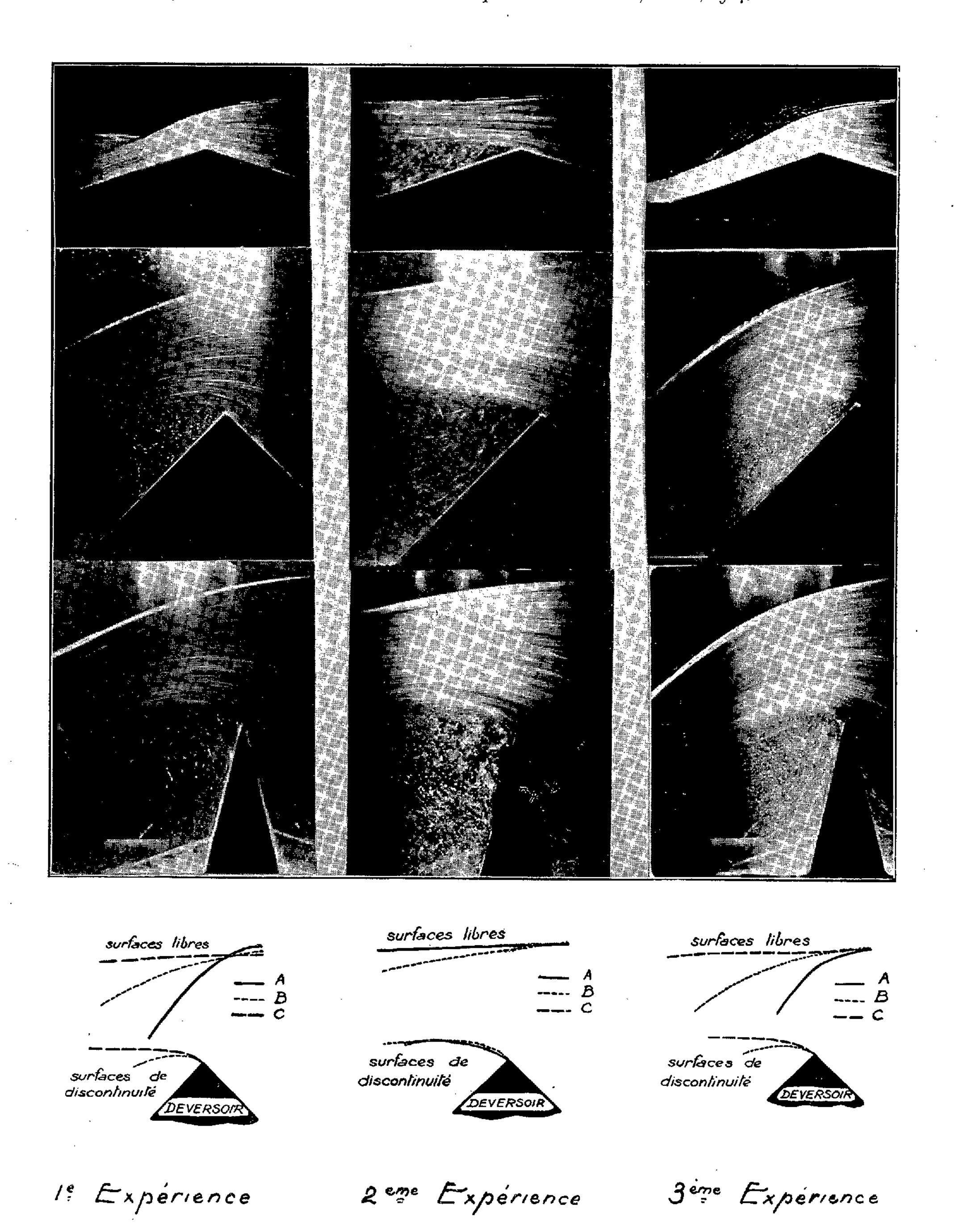
Fig. 1

Les lois semi-empiriques qui commandent les essais à échelles différentes, verticales et horizontales, conduisent aux relations suivantes entre les quantités homologues correspondant à ces divers modèles :

$$3\sqrt{3}.Q_A = Q_B = Q_C,$$
$$L_A = L_B = 4L_C;$$
$$3.H_A = H_B = H_C.$$

Q_A, Q_B, Q_C désignant les débits, L_A, L_B, L_C, des distances horizontales homologues, H_A, H_B, H_C, des distances verticales homologues, correspondant, respectivement, aux modèles A, B, C.

Nous avons comparé les résultats fournis par ces divers modèles dans trois séries


surfaces libres
A
B
C
surfaces de discontinuité
DEVERSOIR
1e Expérience
surfaces libres
A
B
C
surfaces de discontinuité
DEVERSOIR
2ème Expérience
surfaces libres
A
B
C
surfaces de discontinuité
DEVERSOIR
3ème Expérience

importe donc de poursuivre des recherches systématiques dans ce domaine.

Dans une prochaine Note, nous envisagerons certains points concernant les affouillements.

NOMINATIONS.

Le **Secrétaire perpétuel** pour la Division des Sciences physiques, la **Section de Chimie** et MM. **G. Charpy**, **A. Desgrez**, **G. Claude**, **L. Guillet**, **R. Fosse** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration de la *Maison de la Chimie* à Paris, le 20 octobre 1934.

PLIS CACHETÉS.

M. **S. Révélis** demande l'ouverture d'un pli cacheté accepté dans la séance du 9 juillet 1934 et enregistré sous le n° 10894.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note concernant *Le bacille du cancer*.

(Renvoi à l'examen de la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les familles isothermes de surfaces développables*. Note de M. **Paul Delens**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Représentation conforme et fonctions harmoniques de deux variables sont étroitement associées, et cette liaison a permis de résoudre de nombreux problèmes de la mécanique des fluides à deux dimensions. La solution de la méthode des sillages pour les mouvements plans (mouvements permanents, continus, irrotationnels, de fluides incompressibles), de MM. T. Levi-Civita et H. Villat [1], repose ainsi sur la représentation

[1] H. Villat, *Leçons sur l'hydrodynamique*; Paris, 1929, p. 57 et suiv.

conforme; mais on peut traduire cette solution par les propriétés des faisceaux isothermes de courbes du plan.

Pour les mouvements fluides à trois dimensions interviennent, dans les mêmes conditions, les fonctions harmoniques spatiales. Des relations analogues aux précédentes, entre familles isothermes de surfaces, semblent donc intéressantes. Comme je l'ai déjà signalé [1], on est ainsi amené à rechercher les familles isothermes de surfaces S développables. Ces surfaces étant trajectoires orthogonales d'une congruence $(\mathbf{a})$ de courbes, la condition d'isothermie est $\operatorname{rot}\mathbf{w}=0$ et pour les surfaces développables S, $\operatorname{div}\mathbf{w}=0$; $\mathbf{w}$ est ici le vecteur de M. C. E. Weatherburn

$$\mathbf{w}=-(\operatorname{div}\mathbf{a})\,\mathbf{a}+\mathbf{k},$$

où $\mathbf{k}$ est le vecteur de courbure en M de la courbe $(\mathbf{a})$. A un champ de vitesses $\mathbf{v}=V\mathbf{a}$, irrotationnel et sans divergence, correspond alors un champ analogue $\mathbf{w}$, d'où une nouvelle famille isotherme de surfaces Σ, orthogonales à $(\mathbf{w})$; le champ des accélérations est d'ailleurs celui du vecteur $\mathbf{j}=V^2\mathbf{w}$.

2. On connaît les seules familles isothermes de développables isotropes, constituées par ∞^1 plans isotropes. Pour des trajectoires $(\mathbf{a})$ non isotropes, l'étude avec un repère normal mobile $M\mathbf{a}_0\mathbf{a}_1\mathbf{a}_2$ repose sur les formules de déplacement du repère

$$dM=\omega_i\mathbf{a}_i,\qquad d\mathbf{a}_i=\varpi_j\mathbf{a}_k-\varpi_k\mathbf{a}_j\qquad (i,\,j,\,k=0,\,1,\,2\ \text{cycl.}).$$

Le repère étant ainsi choisi : $\mathbf{a}_0=\mathbf{a}$ (et l'indice o supprimé quand c'est possible sans ambiguïté), $\mathbf{a}_1$ porté par la génératrice rectiligne de S en M, ces conditions permettent de poser

$$\varpi_0=x\omega_0+p\omega_2,\qquad \varpi_1=y\omega_0+q\omega_2,\qquad \varpi_2=z\omega_0,$$
$$\mathbf{w}=-q\mathbf{a}-z\mathbf{a}_1+y\mathbf{a}_2.$$

Les conditions d'intégrabilité et d'isothermie donnent le système en x, y, z, p, q :

$$x_1=x(p-z),\qquad p_1=p^2,\qquad x_2-p_0-xy-q(p+z)=0,$$
$$z_0=q(p+z)+yx,\qquad z_1=-z^2,\qquad z_2=y(p+z)-qx,$$
$$y_1=qx-yz,\qquad q_1=qp,\qquad y_2-q_0-y^2-q^2+pz=0,\qquad q_2+y_0-zx=0.$$

Les indices o, 1, 2 affectés aux lettres de ce tableau indiquent des déri-

---

(1) P. DELENS, *Géométrie des congruences de courbes* (*Rendic. del Circ. matem. di Palermo*, 16, 1932, p. 289-352).

vées pfaffiennes par rapport aux formes ω_i, d'après $df = f_i\omega_i$; on devra tenir compte des identités entre dérivées d'ordre supérieur. Or la relation entre z_{10} et z_{01} donne

$$q[x^2 + (p+z)^2] = 0;$$

on est donc conduit à poser, soit **A**) $q = 0$, soit **B**) $x = 0$, $p + z = 0$ pour les congruences réelles, ou **C**) $x = i(p+z)$ pour les congruences imaginaires.

3. On reconnaît ensuite que le cas **A** est celui de faisceaux linéaires de plans, concourants ou parallèles, le cas **B** celui de familles isothermes de cônes de même sommet ou de cylindres à génératrices parallèles (solutions comprenant aussi celles du cas **A**); le cas **C** ne donne rien d'autre [1].

Nous avons donc obtenu la solution complète du problème posé : elle n'apporte la connaissance d'aucune nouvelle famille isotherme de développables. Le cas conique général **B** est cependant intéressant quand on le rattache aux remarques du n° 1 : *de toute famille isotherme de courbes* (a) *ou* (a_2) *sur la sphère on peut déduire une famille isotherme de surfaces* Σ, *ou de toute fonction harmonique à deux dimensions une fonction harmonique spatiale;* la formule de transformation est d'ailleurs très simple.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème sur l'ultraconvergence.* Note de M. **A.-J. Macintyre**, transmise par M. Émile Borel.

On connaît le rapport entre le théorème de M. Hadamard [2] sur les séries lacunaires et celui de M. Ostrowski [3] sur l'ultraconvergence. On peut se demander s'il n'existe pas des propriétés d'ultraconvergence en même rapport avec d'autres théorèmes connus.

Cette Note contient un tel résultat inspiré par le théorème dit de Borel-Vivanti-Dienes [4].

Les démonstrations des théorèmes sur les séries lacunaires et sur l'ultraconvergence ont été simplifiées récemment [5] par l'emploi des transforma-

---

(1) La solution sera exposée en détail dans un autre Recueil.

(2) *Journal de Mathématiques*, 4e série, 8, 1892, p. 101-186 (partic. 116-118).

(3) A. Ostrowski, *Berliner Berichte*, 34, 1921, p. 552-565.

(4) P. Dienes, *Journal de Mathématiques*, 6e série, 5, 1909, p. 327-413.

(5) L. J. Mordell, *Journal London Mathematical Society*, 2, 1928, p. 146-148; F. Losch, *Mathematische Zeitschrift*, 31, 1930, p. 138-140.

tions de Painlevé [1] qui sont en effet les moyens avec lesquels Porter a donné les premiers exemples d'ultraconvergence [2].

C'est par cette méthode que nous démontrerons le

THÉORÈME. — *Soit* $f(z)=\sum_0^\infty a_n z^n$ *une fonction holomorphe pour* $|z|<1$ *et pour* $|z-1|<\delta>0$. *S'il existe une suite* $n_\lambda(\lambda=1, 2, \ldots)$ *d'entiers et des nombres* $\theta>0$ *et* $\Phi(0<\Phi<\pi/2)$ *tels que, pour tout n entre* n_λ *et* $n_\lambda(1+\theta)$, *les* a_n *satisfont à la condition*

$$|\operatorname{arc} a_n|\geqq\Phi,$$

alors la suite $\sum_0^{n_\lambda} a_n z^n$ $(\lambda=1, 2, \ldots)$ *converge dans le voisinage de* $z=1$, *uniformément vers* $f(z)$ *pour des z réels*, c'est-à-dire *il y a ultraconvergence le long de l'axe réel.*

On prend q entier plus grand que $1/\theta$ et l'on pose

$$Z=\frac{w^q(1+w)}{2},$$

la fonction $\Phi(w)=f(z)$ est donc holomorphe pour $|w|\leqq 1$, $w\neq 1$, parce que $|z|<1$, aussi pour $w=1$ avec $z=1$.

Donc la série $\Phi(w)=\Sigma b_n w^n$ a un rayon de convergence $R>1$.

Il y a correspondance biunivoque entre $w>0$ et $z>0$ et pour de telles valeurs on pose

$$\sum_0^{(q+1)n_\lambda} b_n w^n-\sum_0^{n_\lambda} a_n z^n=\sum_{qn_\lambda}^{(q+1)n_\lambda} c_n w^n.$$

Les c_n et les b_n sont des fonctions linéaires et à coefficients positifs des a_n et chaque coefficient de b_n est plus grand que le coefficient correspondant de c_n. En outre les c_n ne dépendent que des a_n avec $n_\lambda\leqq n\leqq(1+1/q)n_\lambda$. La série $\sum_0^\infty b_n w^n$ converge pour quelques $w>1$ et le théorème se trouve démontré par les inégalités

$$\left|\sum_{qn_\lambda}^{(q+1)n_\lambda} c_n w_n\right|\leqq \operatorname{séc}\Phi\, R\left\{\sum_{qn_\lambda}^{(q+1)n_\lambda} c_n w^n\right\}\leqq \operatorname{séc}\Phi\, R\left\{\sum_{qn_\lambda}^{(q+1)n_\lambda} b_n w^n\right\}\leqq \operatorname{séc}\Phi\left|\sum_{qn_\lambda}^{(q+1)n_\lambda} b_n w^n\right|,$$

où $R(x)$ est la partie réelle de z.

---

(1) P. PAINLEVÉ (Note I), BOREL, *Leçons sur les fonctions de variables réelles et les développements en séries de polynomes*, 1905.

(2) M. B. PORTER, *Annals of Mathematics*, 2e série, 8, 1906, p. 189-192.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'hydrogène arsénié et de l'hydrogène phosphoré.* Note de MM. **R. de Mallemann** et **P. Gabiano**, transmise par M. A. Cotton.

I. *Hydrogène arsénié.* — Le gaz a été obtenu en décomposant l'arséniure d'aluminium par l'eau acidulée; il est séché, solidifié dans l'air liquide, puis distillé dans le tube d'observation. La pureté a été contrôlée par absorption chimique; une mesure de densité a donné $d_0^{760} = 3,40$.

Nous avons fait deux séries d'observations sur des gaz de provenance différente; les deux résultats ont été concordants :

	Pression (mm Hg).	*t.*	Diff. de pot. Hl.	Rotation double.
1	1110	14°	641000	2°,00
2	1295	20°	641000	2°,30

Ces nombres se rapportent au doublet jaune du mercure ($\lambda = 578^{\mu\mu}$); les rapports de dispersion sont 1,13 pour la raie verte et 1,90 environ pour la raie indigo.

En réduisant à 0° et 760mm, on obtient la constante de Verdet,

$$\Lambda_0^{760} = 68.10^{-6} \text{ (minute)},$$

et la rotation moléculaire

$$[\Lambda]_M = 44.10^{-5} \text{ (radian)}.$$

II. *Hydrogène phosphoré.* — On sait que le gaz pH^3 se décompose sous l'influence d'une détente, même faible; il nous a donc paru nécessaire d'éviter la volatilisation du liquide dans le tube vide. Celui-ci ayant été d'abord rempli d'azote à la pression atmosphérique, nous avons fait passer un courant de pH^3 pur, qui déplace progressivement l'azote. Comme il serait très long d'éliminer ce gaz d'une manière pratiquement complète, nous avons étudié un mélange à volumes égaux, la composition étant déterminée par l'analyse d'une prise d'essai :

Pression du mélange.	*t.*	Diff. de pot. Hl.	Rotation double.
745mm	16°	641000	0°,61

Dans ces conditions, la rotation simple de l'azote pur est égale à 0°,05, d'où, par différence, la rotation propre de pH^3 dans le mélange, soit 0°,28.

Ce nombre réduit à 0° et 760mm, donne la constante de Verdet de pH^3 :

$$A_0^{760} = 57.10^{-6} \text{ (minute)},$$

d'où la rotation moléculaire

$$[A]_M = 36,5.10^{-5} \text{ (radian)}.$$

En retranchant la contribution de H^3, soit $3 \times 1,8 = 5,4$, on peut attribuer au phosphore et à l'arsenic les rotations atomiques :

Phosphore	31	$.10^{-5}$ (radian)
Arsenic	38,5	» »

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des systèmes binaires : eau-azoture de sodium et eau-azoture de potassium.* Note [1] de M. J. **Wohlgemuth**, présentée par M. G. Urbain.

L'azoture de sodium a été préparé en 1890 par Curtius [2], celui de potassium en 1898, par Dennis et Benedict [3]. Ces auteurs neutralisent les bases correspondantes par l'acide azothydrique et obtiennent les sels anhydres. Curtius et Rissom [4] donnent pour les deux azotures quelques valeurs de la solubilité dans l'eau, à des températures très rapprochées comprises entre $+10°$ et $+17°$.

J'ai entrepris l'étude des deux systèmes binaires : eau-azoture. La méthode de travail est celle qui a déjà été appliquée à l'établissement du diagramme d'équilibre : eau-azoture de lithium; ce dernier a fait l'objet d'une Note récente [5].

Système eau-azoture de sodium. — Le diagramme de la figure 1 résume mes expériences et porte les trois déterminations de Curtius et de Rissom, qui cadrent exactement avec mes résultats.

Le diagramme d'équilibre stable comporte un point d'eutexie E (21,6 pour 100 en N^3Na et $-15°,1$), et un point de transition T (27,8 pour 100 et $-2°,1$). Un point d'eutexie métastable E' (glace-

---

(1) Séance du 6 août 1934.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, **23**, 1890, p. 3023; **24**, 1891, p. 3341.

(3) *Zeitschrift f. anorg. Chemie*, **17**, 1898, p. 18.

(4) *Journ. f. prakt. Chemie*, **58**, 1898, p. 261.

(5) A. P. Rollet et J. Wohlgemuth, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1772.

azoture anhydre) a été trouvé à 26,8 pour 100 et — 20°,0. En l'absence de germes de l'hydrate, on a en général affaire à l'équilibre métastable.

La branche située au-dessus du point T correspond à l'azoture anhydre; la branche ET à un hydrate nouveau que j'ai pu isoler en cristaux (tablettes) de quelques millimètres. L'analyse chimique a fourni la com-

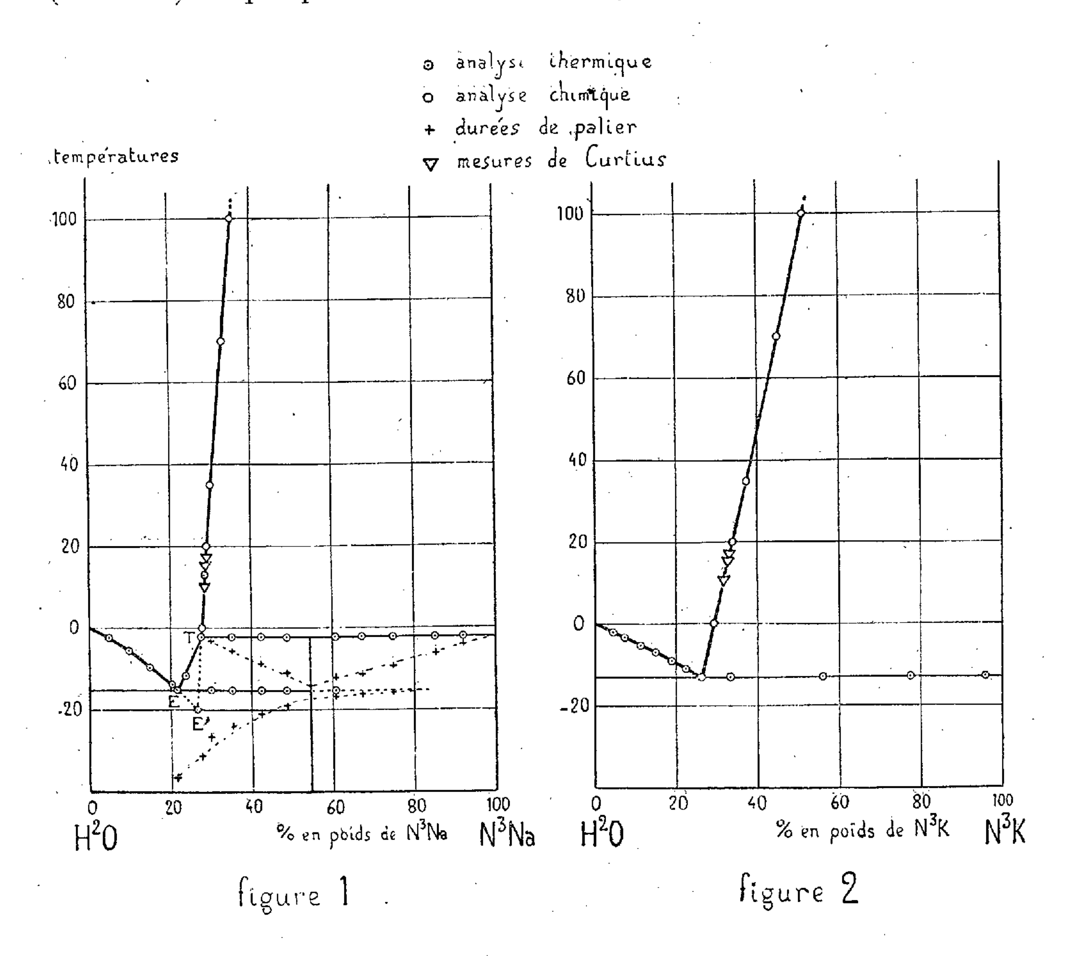


figure 1 figure 2

position $N^3Na.3H^2O$. Cette formule a été vérifiée par la comparaison pour différents mélanges des durées de palier de la transition (voir *fig.* 1).

Pendant le refroidissement des mélanges la réaction : solution saturée $T + N^3Na \rightarrow N^3Na.3H^2O$ n'est pas complète, comme le montre (*fig.* 1) l'étude des durées du palier eutectique dont on peut retrouver encore trace à la composition 85 pour 100.

On remarque sur le diagramme que la solubilité de l'azoture anhydre

varie assez peu avec la température : 28 pour 100 à 0° et 35,6 pour 100 à 100°.

Système eau-azoture de potassium. — Je n'ai pu obtenir aucun hydrate et le diagramme d'équilibre (*fig.* 2) comporte un point d'eutexie (glace-azoture anhydre) dont les coordonnées sont : 26,2 pour 100 en N^3K et $-12°,9$.

Les trois mesures de solubilité de Curtius (entre +10° et +17°) cadrent bien avec mes résultats. La solubilité croît avec la température : 29,3 pour 100 à 0° et 51,4 à 100°.

Contrairement à ce qui se passe avec les azotures de lithium et de sodium, l'azoture de potassium sec fond avant de se décomposer, quand on le chauffe. L'analyse thermique m'a donné $354° \pm 2°$ comme point de fusion. Tiede [1] avait déjà obtenu 350° par observation directe du produit chauffé dans un tube étroit de verre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du soufre sur les chlorates.* Note [2] de M. F. **Taradoire**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude de l'action exercée par le soufre, sur les chlorates, en présence de l'eau, a fait l'objet, il y a quelques mois, d'une Note de J. Amiel [3] dans laquelle cet auteur attribue au ClO^2 formé les inflammations des mélanges de soufre et de chlorates, en présence de matières organiques, telles que papier, gomme arabique, amidon, sucre, etc.

En étudiant l'action réductrice exercée par le soufre sur quelques chlorates, nous avons pu constater que les mélanges du soufre avec les sels de baryum et de plomb pouvaient prendre feu spontanément, à la température ordinaire, sous l'action de l'eau et en l'absence de toute matière organique.

Produits utilisés. — Le soufre en canons a été broyé, porphyrisé, puis lavé, de façon à le débarrasser des traces d'acide sulfurique ou de sulfates solubles qu'il renferme.

Le chlorate de potasse contenant toujours de petites quantités de bromate de potasse, nous avons éliminé cette impureté par un traitement spécial,

---

(1) E. Tiede, *Ber. d. chem. Ges.*, 49, 1916, p. 1742.

(2) Séance du 6 août 1934.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1033.

puis purifié le sel ainsi obtenu, en lui faisant subir plusieurs cristallisations.

Le chlorate de baryum du commerce a été purifié par des cristallisations répétées.

Le chlorate de plomb a été préparé en saturant une solution d'acide chlorique par du carbonate de plomb, puis décomposant par CO^2 le sel basique ainsi obtenu; après plusieurs cristallisations le produit purifié contenait 52,45 pour 100 de Pb et correspondait au sel $Pb(ClO^3)^2H^2O$ (théorie, 52,83 pour 100).

Réduction des chlorates par le soufre. — Bien que l'action réductrice du soufre sur les chlorates puisse s'exercer dans diverses conditions, nous nous bornerons, dans la présente Note, à l'exposé des résultats obtenus dans la réduction en présence de l'eau.

Les mélanges de chlorates de K, Ba et Pb avec le soufre, préparés de manière à contenir un excès de ce dernier, sont stables et peuvent être conservés longtemps, en vase clos, sans altération. Par contre, additionnés d'eau, en quantité suffisante, pour les amener à l'état de pâte humide, puis abandonnés à la dessiccation, à l'air et à la température ordinaire, ils réagissent par suite de la réduction de l'ion ClO^{3-} par le soufre.

Avec le chlorate de K cette réduction est lente, il se forme de petites quantités de sulfate de potasse et de chlorure de soufre, mais il ne se produit jamais d'inflammation.

En présence des chlorates de Ba et de Pb, la réduction est rapide; pendant leur dessiccation, les mélanges humides deviennent le siège de réactions complexes provoquant finalement leur inflammation. Il se forme du chlorure de soufre, des chlorures, des sulfates, de l'acide chlorique libre, ainsi que les produits de décomposition de ce corps : Cl^2, ClO^2, ClO^4H. Des mélanges contenant 0,3 partie de soufre pour 1 partie de chlorate de Ba, mouillés avec 10 pour 100 d'eau, se sont enflammés aprés 5 à 6 heures de séchage à l'air (25°). Dans les mêmes conditions, des mélanges contenant 0,25 partie de soufre pour 1 partie de chlorate de Pb ont pris feu, après 2 à 3 heures de séchage (20°).

La réduction de l'ion ClO^{3-} s'accompagnant de la formation de SO^4H^2, cet acide décompose les sels de Ba et de Pb en donnant des sulfates insolubles et du ClO^3H libre. La concentration de cet acide, dans le liquide imbibant les mélanges, augmentant peu à peu par suite de l'évaporation de l'eau et de la formation continue de SO^4H^2, il arrive un moment où cette concentration devient suffisante pour enflammer la partie du mélange

demeurée inaltérée. Nous avons vérifié qu'en faisant agir quelques gouttes d'une solution concentrée de ClO^3H sur les mélanges secs de soufre avec les chlorates de Ba et de Pb, il y avait inflammation de ceux-ci.

Conclusions. — La rapidité de la réduction de l'ion ClO^3 par le soufre, en présence de l'eau, provoque l'inflammation des mélanges de chlorates de Ba et de Pb avec le soufre, à la température ordinaire et en l'absence totale de matières organiques, contrairement aux résultats obtenus par J. Amiel.

Ces inflammations, en présence d'un excès de soufre, sont dues à la formation initiale de SO^4H^2, puis à la mise en liberté de ClO^3H, dont la concentration augmente jusqu'à devenir suffisante pour provoquer l'inflammation des mélanges chloratés. Ceci permet d'expliquer l'inflammation spontanée des compositions pyrotechniques contenant du chlorate de Ba et du soufre, et se produisant à la suite d'un mouillage accidentel.

En ajoutant aux mélanges chloratés des produits convenablement choisis et agissant comme antioxygènes, on peut éviter ces inflammations.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de l'oxyde d'éthylène sur les magnésiens acétyléniques : préparation des butyne 1-ol 4 substitués.* Note de M. **Louis Faucounau**, présentée par M. Delépine.

J'ai étudié l'action de l'oxyde d'éthylène sur les magnésiens acétyléniques, réaction qui est analogue à celle signalée par Grignard [1] avec le bromure d'éthyle magnésium

$$RC{\equiv}CMgBr + \underset{\diagdown O \diagup}{CH^2{-}CH^2} \rightarrow R{-}C{\equiv}C{-}CH^2{-}CH^2OMgBr.$$

L'hydrolyse donne l'alcool $R{-}C{\equiv}C{-}CH^2{-}CH^2OH$ avec un rendement de 40 pour 100.

La réaction se produit dès la température ordinaire en versant un excès de solution d'oxyde d'éthylène ($1^{mol},5$) dans l'éther anhydre sur le magnésien acétylénique (1^{mol}). Il faut même parfois refroidir dès le début de la réaction, puis on laisse refroidir à la température ordinaire et l'on termine en chauffant.

J'ai obtenu ainsi :

(1) Grignard, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 1260.

l'*amyl* 1-*butyne* 1-*ol* 4. Éb. 103-130°,5 sous 19^mm; $n = 1,4612$; $d_{17} = 0,8837$. R_M trouvé, 43,56; calculé, 43,28.

l'*hexyl* 1-*butyne* 1-*ol* 4. Éb. 130-131° sous 22^mm; $n = 1,4611$; $d_{17} = 0,8757$. R_M trouvé, 48,25; calculé, 47,90.

le *phényl* 1-*butyne* 1-*ol* 4. Éb. 147° sous 16^mm; $n = 1,573$; $d_{18} = 1,0764$. R_M trouvé, 44,30; calculé, 44,70.

Les combustions effectuées sur ces trois corps ont donné des résultats corrects et les propriétés chimiques sont d'accord avec les formules.

En effet, ces corps possèdent une fonction alcool. C'est ainsi qu'avec le phényl 1-butyne 1-ol 4 j'ai obtenu :

1° par action de l'isocyanate de phényle, une phényluréthane, F. 88°, sur laquelle un dosage d'azote a donné : poids de substance 0^g,5695; V. azote, 26^cm³,5, P.766^mm,7 à 17°; soit N pour 100, 5,33; calculé, 5,27;

2° par action du chlorure de benzoyle, un benzoate F. 41° dont la saponification a confirmé la formule;

3° avec le chlorure de thionyle, un chlorure Eb. 134°-135° sous 22^mm $n = 1,570$; $d_{19} = 1,089$. R_M trouvé, 49,5; calculé, 47,84. Cl pour 100 trouvé, 21,34; calculé, 21,58. Ce chlorure réagit sur le magnésium donnant un magnésien que je me propose d'étudier.

Les alcools obtenus possèdent une triple liaison : avec le brome, le phényl-1-butyne 1-ol 4 donne un dibromure F. 78°. Br pour 100 trouvé, 51,9; calculé, 52,2.

Ils fixent une molécule d'eau en présence de solution mercurique et l'alcool précédent conduit à la γ hydroxypropylphénylcétone préparée par Perkin et Marshall (Soc. 59.887) par ébullition avec l'eau durant 4 jours de l'acide benzoylcyclopropanique. Cette cétone par désydratation conduit au 2-phényl-furane-dihydro-4.5. Étant donné la facilité de préparation de l'acétone, je me propose d'étudier ces dérivés furaniques.

Les spectres Raman de ces corps sont :

Amyl 1-*butyne* 1-*ol* 4.

376 f	1022 tf	1166 tf	1434 aF	2296 m
843 f	1066 m	1300 f	1455 m	2845 tf
956 f	1144 m	1334 f	2238 aF	2904 f

Hexyl 1-*butyne* 1-*ol* 4.

366 bl f	1016 tf	1304 m	2240 F	2920 f
860 f	1072 f	1337 m	2302 m	
892 f	1176 f	1442 F	2868 aF	

Phényl 1-butyne 1-ol 4.

385 f	568 tf	758 f	1161 m	1334 tf	1604 F
467 f	623 f	845 tf	1182 m	1440 tf	2212-2254 bTF
508 tf	695 f	980 m	1255 aF	1491 m	3069 m
529 f	730 tf	1005 aF	1287 tf	1525 m	

Phényl 1-butyne 1-chloro 4.

384 tf	624 aF	980 aF	1184 aF	1448 tf	2210-2260 bTF
467 m	664 aF	1006 F	1246 aF	1498 f	3070 f
527 f	704 aF	1033 f	1264 F	1550 tf	
548 tf	758 F	1164 aF	1334 tf	1604 F	

On retrouve les raies signalées par Mlle B. Grédy (¹) pour la raie acétylénique dans la région 2200-2300 cm^{-1}.

Il y a parfois dédoublement de cette dernière en deux raies d'intensité inégales (série grasse) ou élargissement sans dédoublement possible, mais quand même problable (série aromatique).

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des fructifications mâles des Neuroptéridées.* Note de M. **Alfred Carpentier**, transmise par M. J. Costantin.

En 1925, j'ai proposé la création d'un genre nouveau (g. *Boulaya*) pour désigner des fructifications mâles trouvées assez fréquemment dans le Westphalien du nord de la France et antérieurement signalées sous le nom de *Whittleseya* (?) *fertilis* Kidston (²).

Depuis lors M. T.-G. Halle (³), dans un remarquable Mémoire, a consacré quelques pages au genre *Boulaya* : il s'agit de capsules sporifères, claviformes ou piriformes, à section sensiblement triangulaire, à bord nettement dentelé, finement striées dans le sens de leur longueur; au centre un espace vide est délimité par une paroi épaisse comprenant une zone sporifère; les spores sont du type bilatéral. De l'étude comparée de ces fructifications

(¹) Mlle B. Grédy, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1119.

(²) Cf. *Bull. Soc. bot. de France*, 4ᵉ série, **14**, 1914, p. 363-367, pl. X; *Rev. gén. de Botanique*, **37**, 1925, p. 149.

(³) *The structure of certain fossil spore-bearing organs believed to belong to Pteridosperms* (*Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar.* Tredje Serien, **12**, vi, 1933, p. 24-28, pl. VI, 4-8, Stockholm).

avec celles du *Whittleseya elegans* Newbery, M. Halle conclut à l'existence probable de loges sporifères disposées autour de la cavité centrale.

Dans le Westphalien du nord de la France les fructifications du type *Boulaya* sont d'ordinaire trouvées éparses à la surface des schistes.

Je viens de recueillir quelques beaux fragments « d'inflorescences » à la fosse de Rœulx des Mines d'Anzin (Nord).

Le rachis ou axe se ramifie latéralement; ces rameaux se subdivisent de part et d'autre; les ultimes ramifications sont très fines, s'élargissent en coupe passant insensiblement à la paroi extérieure striée des fructifications. Celles-ci, disposées en groupes denses, se recouvrent les unes les autres. Elles devaient être très caduques et sans doute retombantes sur la plante vivante.

Malgré de très longues recherches c'est la seconde fois que je trouve ces inflorescences.

Malheureusement elles ne sont pas rattachées à la plante qui les portait. Les plaques schisteuses qui les renferment montrent de belles empreintes de pennes de l'*Alethopteris Davreuxi* Brongniart; mais les inflorescences paraissent plus intimement associées à des fragments de pennes du *Neuropteris heterophylla* Brongniart.

Il est à noter que le mode de ramification des rachis ou axes fertiles rappelle tout à fait celui des inflorescences mâles partiellement conservées, attribuées par Kidston à ce *Neuropteris* (1).

Il paraît probable que les fragments d'inflorescences correspondent à des portions très modifiées de fronde; dans cette hypothèse, chaque fructification aurait la valeur d'une foliole et pourrait être désignée sous le nom de microsporophylle; le terme de microsporocarpe a toutefois l'avantage de ne pas présumer la valeur morphologique réelle des inflorescences (2).

La séance est levée à 15h 10m.

A. Lx.

---

(1) R. Kidston, *On the fructifications of* Neuropteris heterophylla (*Trans. Roy. Soc. London*, série B, 197, 1904, p. 3); Halle, *loc. cit.*, p. 80, pl. X, 3-5.

(2) Cf. E. Dix, *On a sporocarp probably attached to a frond of* Neuropteris Schlehani *Stur.* (*Annals of Botany*, 46, 1932, p. 1064).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 SEPTEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la définition des fonctions analytiques de deux variables.* Note de M. **D. Pompeiu**.

Quand on passe des fonctions à une variable aux fonctions de plusieurs variables il semble naturel de chercher à utiliser, autant que possible, pour l'étude des nouvelles fonctions les propriétés et résultats que l'on possède sur les fonctions d'une seule variable.

1. Ainsi, comme premier exemple simple : pour définir et étudier un polynome du second degré, à deux variables réelles, on a à sa disposition la représentation classique, mais on peut aussi procéder de la façon suivante :

Est, par définition, polynome du second degré, toute fonction continue $f(P)$, définie dans le plan (P est un point quelconque de ce plan) et qui, sur toute droite tracée dans le plan, prend les valeurs d'un polynome du second degré (à une seule variable).

Avec cette définition du polynome du second degré : $z=f(P)$, on peut refaire toute la théorie des coniques en étudiant (au point de vue général de la théorie des ensembles) l'ensemble des zéros du polynome $z=f(P)$.

2. Passons maintenant aux fonctions analytiques de deux variables complexes.

Une telle fonction est une combinaison de la forme

$$u(x_1, x_2, x_3, x_4)+iv(x_1, x_2, x_3, x_4)=f(z_1, z_2) \tag{1}$$

avec

$$z_1=x_1+ix_2, \quad z_2=x_3+ix_4.$$

Par ce choix on attribue, dans l'espace (x_1, x_2, x_3, x_4), un rôle spécial aux plans coordonnés : O, x_1, x_2 et O, x_3, x_4.

Des conditions convenables viennent restreindre la généralité de la combinaison (1) de façon à justifier l'appellation de *fonction analytique* donnée à $f(z_1, z_2)$.

On cherche à édifier une théorie qui imite, autant que possible, ce que l'on a fait pour la fonction analytique d'une seule variable.

Mais on peut se servir directement de la fonction analytique *d'une seule variable* pour définir $f(z_1, z_2)$.

En effet, dans l'espace (x_1, x_2, x_3, x_4), donnons le nom de *plan spécial* à tout plan du type

$$(2) \quad \begin{cases} x_1 = b_1 + \beta_1\xi_1 - \beta_2\xi_2, \\ x_2 = b_2 + \beta_2\xi_1 + \beta_1\xi_2, \\ x_3 = g_1 + \gamma_1\xi_1 - \gamma_2\xi_2, \\ x_4 = g_2 + \gamma_2\xi_1 + \gamma_1\xi_2, \end{cases}$$

où ξ_1 et ξ_2 sont des variables réelles et les b, g, β et γ des paramètres réels.

On peut dire aussi que le plan (2) est en *correspondance analytique* avec Ox_1x_2 et Ox_3x_4.

Cela posé, par définition : toute combinaison (1) est fonction analytique de l'ensemble (z_1, z_2) si elle est *analytique* (à une seule variable : $\xi_1 + i\xi_2$) sur tout plan spécial (2), tracé dans la région de l'espace (x_1, x_2, x_3, x_4) où l'on considère la combinaison (1).

On fait voir facilement que cette définition coïncide avec la définition classique.

Vient ensuite le théorème de Painlevé (démontré par M. Montel, dans sa Thèse) d'après lequel une fonction $f(z_1, z_2)$ est analytique par rapport à l'ensemble (z_1, z_2) si elle est séparément analytique par rapport à z_1 et à z_2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations chimiques qualitatives dans la gélatine en couche plane.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

L'observation chimique, non en milieu aqueux, mais au sein des gels en couche plane, soulève des problèmes physicochimiques multiples. Le point de vue théorique étant laissé de côté, la méthode fournit encore des données d'ordre qualitatif. Elle constitue en premier lieu un moyen d'identification des espèces chimiques. Elle trahit en outre des processus transitoires, formation de variétés métastables, succession de stades de réaction. Quelques-unes de ses possibilités, en ce qui concerne la gélatine, ont fait l'objet de la présente recherche.

La diffusion pure et simple d'une solution peut déjà donner lieu à un examen suggestif. C'est ainsi qu'un carbonate alcalin est reconnaissable à son auréole stratifiée, un tartrate alcalin à son auréole ponctuée, le sulfure de sodium et le nitrate mercureux à leurs auréoles respectivement zonées.

On opère ensuite par confrontation avec des réactifs appropriés, et dans un grand nombre de cas, la figure d'attaque est suffisamment caractéristique pour permettre une conclusion immédiate. La méthode des deux gouttes (1), antérieurement proposée pour la détection des périodicités de précipitation, se présente effectivement comme une méthode d'investigation qualitative très générale. A titre d'illustration, nous mentionnerons ici les particularités les plus saillantes de l'essai aux chromates et de l'essai aux iodures.

On sait que les cations zinc, cadmium, thallium, plomb, baryum, strontium donnent, les uns et les autres, avec un chromate alcalin tel que le chromate de sodium, des insolubles jaunes, mal discernables en milieu aqueux. Au contraire, par attaque mutuelle des auréoles de diffusion en couche plane de gélatine, des discriminations s'établissent. Le précipité dû à un sel de zinc, chlorure, nitrate, sulfate affecte une répartition striée en forme de peigne. Le précipité dû à un sel de thallium, tel que le nitrate se présente en monocristaux isolés. Un sel de plomb, tel que l'acétate, forme un précipité en un arc mince, de courbure prononcée, comprenant

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1854.

la goutte de sel de plomb dans sa concavité. A un sel de baryum, tel que le chlorure, correspond un arc de précipité de configuration différente, et notamment beaucoup plus épais. Aux sels de strontium et de cadmium, correspondent des arcs diffus, que le microscope révèle ponctués et dissemblables entre eux. Ajoutons que le précipité, non plus jaune, mais rouge brique et strié, que fournit le nitrate d'argent dans les mêmes conditions, constitue pour ce sel un caractère analytique indiscutable.

L'essai aux iodures n'est pas moins significatif. Par exemple, le chlorure mercurique, opposé dans un essai à deux gouttes à de l'iodure de potassium, est caractérisé par un précipité à deux variétés respectivement jaune et rouge, ce dernier stade étant observable sous la forme d'une sorte d'accent circonflexe, à ailes striées en nervures. Dans les mêmes conditions, le nitrate de thallium fournit un précipité également à deux variétés jaune et rouge, mais non strié, prépondérant sur la ligne des centres et à bords diffus. Un sel de plomb, tel que l'acétate, offre d'autre part le phénomène curieux d'une interpénétration d'auréoles, le précipité jaune formé étant susceptible de résider tout entier à l'intérieur de l'auréole blanchâtre du sel de plomb, sur laquelle il tranche fortement par sa couleur. Le nitrate d'argent, dans les mêmes conditions fournit, en bordure de son auréole de diffusion propre, un précipité blanc jaunâtre distribué selon une accolade plus ou moins épaisse.

En incorporant à la gélatine un des deux facteurs de réaction (solution en examen ou réactif), tandis que l'autre est déposé en goutte à la surface du milieu, d'autres données sont mises à jour. Notamment la formation d'un complexe, résultant de la dissolution du précipité dans le réactif-goutte, peut s'accuser par une distribution en anneau de Saturne. Un tel anneau, successivement jaune, puis rouge, est provoqué par le dépôt d'une goutte d'iodure de potassium sur de la gélatine imprégnée de chlorure mercurique. On suit, au cours du temps, sa progression de taille et d'épaississement, à mesure qu'une zone d'iodomercurate de potassium, de plus en plus large, sépare de la goutte l'iodure mercurique formé encore indissous.

L'examen microscopique de la préparation est particulièrement fructueux dans le cas où le précipité se répartit en individus cristallins de faciès caractéristique, comme par exemple dans le cas de la précipitation du nitrate de thallium par un chromate ou par un iodure alcalin.

Les observations dans la gélatine en couche plane sont donc susceptibles de constituer un mode d'investigation analytique. Leur application peut

être envisagée dans tout le domaine chimique. Il importe seulement que les essais aient toujours lieu par comparaison avec des essais-étalons concernant le même gel. Les conclusions sont généralement dépourvues d'ambiguïté, et la technique, en dépit de l'allure toujours assez lente des diffusions, offre l'avantage d'une grande simplicité de matériel et d'efforts.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éther et l'acide diméthylolmalonique.* Note de MM. **Henri Gault** et **Albert Roesch**, présentée par M. Delépine.

L'un de nous, avec la collaboration de M. L. Germann [1], a montré la possibilité de fixer sur l'un des atomes de carbone terminaux de l'acétone, *deux* molécules de formaldéhyde avec production de diméthylolacétone I caractérisée par l'un de ses produits de déshydratation, la méthylène-butanolone ou méthylolbuténone II

$$\text{I. } CH^3{-}CO{-}CH\begin{cases}CH^2OH\\CH^2OH\end{cases} \qquad \text{II. } CH^3{-}CO{-}C\begin{cases}CH^2OH\\=CH^2\end{cases}$$

Nous nous sommes proposé, dans des recherches ultérieures, d'étudier la fixation de la formaldéhyde au voisinage, non plus d'un carbonyle cétonique, mais bien de carboxyles CO^2H et, en fait, en premier lieu, sur l'éther malonique. A la vérité, K. N. Welch [2] avait déjà obtenu, en très petites quantités et sous forme d'une huile ne cristallisant que partiellement au bout de plusieurs mois, l'*éther diméthylolmalonique*, par condensation de deux molécules de formaldéhyde avec une molécule d'éther malonique en présence de soude caustique. Nous avons repris l'étude de cette réaction et nous sommes parvenus à établir un véritable procédé de préparation de l'éther diméthylolmalonique avec un rendement satisfaisant, ce qui nous a permis de l'utiliser comme matière première pour la préparation de l'*acide diméthylolmalonique* $(HO{-}CH^2)^2C(CO^2H)^2$, et d'un certain nombre de dérivés immédiats. C'est l'exposé de ces recherches qui forme l'objet de la présente Note.

Éther diméthylolmalonique $C^9H^{16}O^6$ *ou* $(C^2H^5.CO^2)^2C(CH^2.OH)^2$. —

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 620.

(2) *Journ. of the Chem. Soc.*, 1930, p. 257.

On mélange à la température ordinaire un molécule-gramme (+ 5 pour 100) de formol commercial à 35 pour 100 avec une solution de 1^g de carbonate de potassium dans 3^g d'eau et l'on ajoute en une heure, par petites portions et en refroidissant dans l'eau glacée une demi-molécule d'éther malonique. On laisse la solution homogène obtenue revenir à la température ordinaire, puis après addition de sulfate d'ammonium, on extrait avec un volume égal d'éther. On lave la solution éthérée avec une solution saturée de sulfate d'ammonium, sèche sur sulfate de magnésium anhydre et évapore la plus grande partie de l'éther. On porte ensuite le liquide visqueux résiduaire dans un bain d'eau à 45° et l'on y fait passer pendant 7 à 8 heures un courant d'air sec qui entraîne l'éther, la formaldéhyde et l'eau retenus.

Par refroidissement à 0°, l'huile obtenue se prend en masse cristalline. On essore à froid et lave à plusieurs reprises à l'éther de pétrole. Le produit solide ainsi séparé qui fond à 50° est l'éther diméthylolmalonique brut. Le rendement atteint 65 à 70 pour 100.

On obtient des résultats analogues en substituant au carbonate de potassium le carbonate de sodium, la potasse ou la soude caustique ou enfin le cyanure de potassium.

L'éther diméthylolmalonique est instable à la chaleur et indistillable sans décomposition, même sous pression réduite. Il perd facilement de la formaldéhyde dès qu'on le chauffe, mais nous n'avons pu cependant isoler jusqu'à présent aucun produit défini de cette décomposition, en particulier l'éther monométhylolmalonique $(C^2H^5.CO^2)^2CH(CH^2.OH)$.

Diacétate de l'éther diméthylolmalonique

$$(C^2H^5.CO^2)^2C(CH^2.O.CO.CH^3)^2.$$

— On introduit, par petites portions, l'éther diméthylolmalonique solide (1^{mol}) dans le chlorure d'acétyle (2^{mol} + 25 pour 100) refroidi à 0°. On abandonne pendant deux jours à la température ordinaire la solution homogène obtenue, puis on la verse sur un mélange de bicarbonate de potassium et de glace et l'on extrait à l'éther. Après lavages appropriés, on sèche la solution éthérée sur sulfate de magnésium, chasse l'éther au B.-M. et distille le résidu liquide sous pression réduite. Le diacétate de l'éther diméthylolmalonique passe à 172°,5 sous 12^m. Le rendement est de 70 pour 100.

Dibenzoate de l'éther diméthylolmalonique

$$(C^2H^5.CO^2)^2C(CH^2.O.CO.C^6H^5)^2.$$

— On dissout l'éther diméthylolmalonique (1^{mol}) dans 5 fois son poids de pyridine sèche et ajoute ensuite par petites portions le chlorure de benzoyle (2^{mol} + 25 pour 100) en maintenant la température aux environs de 0°. On abandonne la solution à elle-même pendant une quinzaine d'heures, puis on la verse dans l'acide sulfurique dilué (20 pour 100) refroidi à 0°. Il se sépare un produit solide qu'on filtre dans le vide et dissout ensuite dans l'éther. La solution éthérée est soumise à des lavages appropriés et finalement séchée sur sulfate de magnésium. On chasse l'éther et l'on recueille un produit solide blanc (F. 98°) qui constitue le dibenzoate de l'éther diméthylolmalonique. Le rendement est de 78 pour 100.

Acide diméthylolmalonique $C^5H^8O^6$ *ou* $(HO.CO)^2C(CH^2.OH)^2$. — La saponification de l'éther diméthylolmalonique est délicate en raison de son instabilité à la chaleur. En le soumettant cependant à l'action de la potasse hydroalcoolique à 10 pour 100 à une température voisine de 45° (durée : 12 à 15 heures) ou à la température ordinaire (durée : 3 à 4 jours), nous sommes parvenus à l'hydrolyser et, après traitement approprié, à isoler l'*acide diméthylolmalonique* $C^5H^8O^6$. Cet acide, solide, peut être recristallisé dans l'acide acétique glacial. Il fond en se décomposant vers 185° (point de fusion instantané).

On prépare facilement les sels de cet acide, par exemple le *sel disodique* $C^5H^6O^6Na^2$, hygroscopique, et le sel diargentique $C^5H^6O^6Ag^2$, cristaux incolores, noircissant rapidement à la lumière.

Nous poursuivons ces recherches que nous avons étendues, d'autre part, à la condensation de l'*acétaldéhyde* avec l'éther malonique.

BOTANIQUE. — *Sur l'alcalinisation spécifique et la répartition des Algues dans les cuvettes littorales.* Note (1) de M. **Robert Lami**, présentée par M. L. Mangin.

Plusieurs auteurs, en particulier A. Labbé, ont, ces dernières années, montré que l'alcalinisation maximum produite *in vitro* dans l'eau ambiante par les algues marines exposées à la lumière varie suivant les espèces : La montée du pH très forte pour les algues vertes diminue avec les Phéophycées, davantage encore avec les Floridées (2).

---

(1) Séance du 16 juillet 1934.

(2) A. Labbé, *Ann. Inst. océanographique*, 12, v, 1932, p. 217-344.

Nous avons, en avril dernier, au Laboratoire du Muséum à Saint-Servan, refait de telles expériences et constaté également que le pH s'élève, plus ou moins rapidement selon l'espèce étudiée, puis atteint une valeur constante ou presque. Si l'éclairement est suffisant, le maximum observé est absolu et caractérise l'espèce par un chiffre spécifique; dans ce cas le dégagement des bulles de O^2 cesse au bout de quelque temps. Mais, si l'intensité de la lumière est trop faible, la valeur observée dépend de cette intensité et n'est plus caractéristique de l'espèce.

Cette valeur maximum du pH *in vitro* est, pour une espèce, voisine de celle que présente l'eau immédiatement proche de cette même espèce observée pendant le jour et à la même époque, dans des cuvettes littorales de la même région isolées de la mer depuis quelques heures. Les chiffres suivants le montrent :

	pH maximum *in vitro*.	pH observé *in situ*.
Enteromorpha compressa	>9,4	9,1
Cladophora utriculosa	>9,4	>9,4
Monostroma Grevillei	9,3	9,1
Punctaria plantaginea	9,1	8,7
Scytosiphon Lomentaria	9,2	9,1
Corallina officinalis	8,9	8,8
Delesseria sanguinea	8,3	8,2
Phyllophora rubens	8,2	8,1

Les chiffres observés *in situ* sont inférieurs aux chiffres spécifiques par suite de la diffusion de l'alcalinité dans une masse d'eau plus grande et probablement aussi par la présence (cas du *Phyllophora*) d'animaux épiphytes émettant du CO^2. Nous croyons cependant que l'alcalinité à la surface du thalle peut atteindre le chiffre spécifique de la plante et doit être pris en considération pour caractériser le milieu où débute la croissance des épiphytes végétaux ou animaux.

Si l'on considère une cuvette à population algale très variée, telle une cuvette mi-ombreuse, située à Saint-Énogat, peuplée de *Punctaria*, *Scytosiphon* et *Monostroma* dans la partie peu profonde, bien exposée à la lumière et de pH moyen 8,7, et de *Delesseria* et *Phyllophora* dans la partie profonde, ombreuse et de pH moyen 8,2, on constate que les algues groupées dans la première région possèdent, d'après le tableau ci-dessus, un pH spécifique voisin de 9 et celle de la seconde région un pH spécifique voisin de 8.

Les diverses algues végétant dans une cuvette à flore non homogène se

groupent donc, avec une approximation assez grande, selon leur pH spécifique. L'influence réciproque qu'elles exercent entre elles en alcalinisant le milieu est ainsi moins nuisible.

En ce qui concerne la résistance aux variations de l'alcalinité depuis le moment où la cuvette est isolée (pH 8,15 environ), on constate que les algues du premier groupe sont très euryioniques et celles du second groupe presque sténoioniques.

La résistance relative de ces deux groupes d'algues aux autres facteurs physiques de leur milieu (température, éclairement et dessalure) étant analogue à celle qu'elles présentent aux variations de l'alcalinité, il semble légitime de les séparer en eurystasiques et en sténostasiques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — Molinia cærulea *Mœnch, Graminée toxique, à acide cyanhydrique*. Note (¹) de MM. **A. Jhillet** et **R. Zitti**, présentée par M. L. Mangin.

Le *Molinia cærulea* Mœnch est parfois cité comme une plante fourragère dangereuse, toxique pendant sa floraison (H. Baillon, 1884; Ch. Cornevin, 1887; G. Planchon, E. Collin, 1895; L. Courchet, 1897).

Nous avons constaté que le parasitisme de cette Graminée par le *Claviceps microcephala* Tul. ne suffisait pas à expliquer cette toxicité qui est constante et correspond toujours à la période de floraison. A la dose de 100-120^{g}, les hampes florales du *Molinia cærulea*, non épanouies, tuent en 7 ou 8 heures un lapin de 3^{kg}. Les inflorescences épanouies tuent le lapin en 18 à 20 heures. Les inflorescences utilisées n'étaient pas infectées par le Claviceps.

L'intoxication se manifeste brusquement, par une crise d'excitation, à laquelle fait place une période d'abattement, avec ralentissement de la circulation et de la respiration, apnée, convulsions cloniques, ictus avec relâchement des sphinctères, arrêt du cœur en diastale et forte contraction musculaire. Ces phénomènes évoluent en moins d'une heure.

A l'autopsie, le tube digestif ne présente pas d'ulcération. Le grand épiploon, le foie, les reins sont très congestionnés. Le foie montre des traces d'hémorragie parcellaire; quelques cellules hépatiques ont un cytoplasme

(¹) Séance du 16 juillet 1934.

en tuméfaction trouble, comme frappé de nécrose brutale. Les reins sont le siège d'une tubulite desquamative assez intense.

La toxicité des inflorescences disparaît peu après la fécondation, et les fruits, privés ou non de leur balle, ne sont pas nocifs.

L'appareil végétatif : racines, rhizomes, tiges et feuilles, a la même innocuité avant et pendant la floraison.

La recherche du principe toxique nous a permis de déceler la présence d'un complexe cyanogénétique dans les inflorescences avant et pendant leur épanouissement. La décomposition de ce complexe est accélérée par l'addition d'émulsine aux macérations aqueuses.

Les appareils végétatifs : racines, rhizomes, feuilles, tiges, ne contiennent pas de complexe cyanogénétique pendant la floraison et pendant l'hiver : les inflorescences fructifiées et les fruits en sont également dépourvus.

Le complexe apparaît au printemps dans les racines, le collet, la base des tiges; les feuilles, n'en possèdent pas.

Tous les appareils végétatifs renferment un ferment voisin de l'émulsine.

Ces observations peuvent être rapprochées des constatations faites récemment par M. P. Guérin [1] sur des *Melica* et sur *Gynerium argenteum* Nees; ces Graminées appartiennent toutes aux Festucées, et *Molinia cærulea* Mœnch a comme synonyme *Melica cærulea* L.

VITAMINES. — *Acide ascorbique (vitamine C) et intoxications.* Note de M[lle] **Edna Harde**, transmise par M. F. Mesnil.

Depuis 10 ans, nous poursuivons l'étude des variations de résistance des individus et des races contre les intoxications, les infections et les néoplasmes.

Ces recherches nous ont conduit à attribuer aux vitamines une action importante. Nous attirons l'attention sur deux points : 1° dans diverses intoxications, la capsule surrénale est congestionnée et, souvent, il existe de plus une congestion du tractus gastro-intestinal; 2° la souris est non seulement plus résistante que le cobaye à certaines intoxications, mais au contraire du cobaye, elle fait au sein de son organisme la synthèse de

---

(1) *L'acide cyanhydrique chez les Graminées :* Melica *et* Gynerium (*Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 383).

l'acide ascorbique. La souris, soumise à un régime scorbutigène pour le cobaye, vit en parfaite santé, ses tissus contenant une quantité d'acide ascorbique proportionnellement plus grande que les tissus d'un cobaye soumis à un régime complet.

Nous avons rapproché ces deux observations et, dans cette Note, nous résumons les faits déjà acquis de nos expériences sur le rôle de l'acide ascorbique dans la neutralisation *in vivo* et *in vitro* de la toxine diphtérique, et la disparition progressive de l'acide ascorbique dans la capsule surrénale (cortex) des cobayes morts de cette intoxication et des souris mortes de *typhi murium*.

Grâce à l'obligeante collaboration de MM. Salimbeni et Philippe, nous avons pu faire une série d'expériences avec la toxine diphtérique.

En appliquant la méthode au nitrate d'argent de Szent-Györgi [1] pour déceler l'acide ascorbique, nous avons étudié les capsules surrénales de 18 cobayes morts d'intoxication diphtérique. Nous avons constaté une réaction semblable à celle trouvée chez des cobayes scorbutiques : diminution de la vitamine C. Tandis que chez les souris, réfractaires à 1 et 10 doses mortelles de toxine diphtérique pour le cobaye, sacrifiées le quatrième jour, les capsules surrénales montraient la présence de vitamine C.

Nous étions donc amenée à étudier l'action de l'acide ascorbique sur la toxine diphtérique; ne disposant que d'une quantité limitée de cet acide, nous n'avons pu traiter qu'un petit nombre de cobayes. Nous n'avons pu faire que trois séries d'expériences. La moitié des animaux traités a survécu dans chaque série, tandis que les témoins étaient tués en 4, 8 ou 10 jours. Le premier jour les cobayes recevaient, après l'injection de la toxine, une injection sous-cutanée ou intrapéritonéale de 10^{mg} d'acide ascorbique neutralisé au tournesol et une dose de 10^{mg} par la bouche et les 6 ou 8 jours suivants 15 à 20^{mg} *per os* en une ou deux fois. Ces animaux montraient une induration précoce et quelquefois une grande eschare au lieu d'injection de la toxine. Il nous paraît que l'acide ascorbique fixe la toxine *in loco*, protégeant ainsi l'organisme. L'acide ascorbique d'ailleurs nous semble seulement un traitement adjuvant dans les intoxications. 10^{mg} d'acide ascorbique (en solution rendue neutre au tournesol) par dose mortelle de toxine diphtérique neutralisent *in vitro*, après contact d'une heure, deux doses mortelles, limite actuelle de nos expériences. Nous étudions si cette neu-

---

(1) *Biochem. Journ.*, 22, 1928, p. 1387.

tralisation est due à une réduction ou une destruction de la toxine et recherchons son pouvoir antigène.

Ayant reconnu l'importance de l'acide ascorbique chez le cobaye, nous avons étudié la capsule surrénale chez les souris mortes de l'infection *per os* par le B. *typhi murium*. La souris est très sensible à cette maladie qui lèse le tractus intestinal, lieu probable de la synthèse de la vitamine C chez cet animal. Le cortex de la capsule surrénale des souris mortes de l'infection n'a pas montré la présence d'acide ascorbique par la méthode argentique. Nous essayons le traitement par la vitamine C soit seule, soit combinée avec un antisérum.

D'après nos observations, même incomplètes, il semble que l'on puisse attribuer à l'acide ascorbique un rôle protecteur dans la résistance contre un certain nombre d'infections et intoxications, surtout celles qui donnent des lésions du cortex surrénal et du tractus gastro-intestinal.

La séance est levée à $15^h 5^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er OCTOBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en présentant une édition nouvelle du *Discours de la méthode* de Descartes, s'exprime comme il suit :

Le groupe des anciens élèves bibliophiles de l'École Centrale a voulu rendre hommage à Descartes, en faisant paraître le *Discours de la méthode* dans les éditions de grand luxe qu'ils ont commencé à publier. C'est cette édition, entièrement imprimée sur pur lin fabriqué à la main, au filigrane de ce groupe de bibliophiles, que je dépose sur le bureau. En écrivant une préface à ce volume, je n'ai eu d'autre but que de faciliter peut-être à plusieurs la lecture du *Discours*, et de présenter quelques remarques sur l'œuvre scientifique de Descartes.

Le *Discours de la méthode* contient en ses traits essentiels toute la philosophie cartésienne. On y trouve tout à la fois le métaphysicien que seule la véracité divine assure de l'existence d'une matière répondant à nos sensations, et le savant qui souhaite pour la science « de nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature ». Descartes, en même temps qu'il a été le théoricien voulant tout déduire de quelques principes de sa philosophie, a insisté sur la nécessité de l'expérience dans la connaissance de la nature, « expériences, dit-il, d'autant plus nécessaires qu'on est plus avancé en connaissance ». Il faut juger Descartes savant sur l'orientation toute nouvelle donnée à la science par ses intuitions géniales et par une méthode dont il a, avec *la Géométrie*, *la Dioptrique* et *les Météores*, montré la fécondité.

M. J.-B. Charcot s'exprime en ces termes :

La campagne du *Pourquoi-Pas?* en 1934 fut rendue particulièrement dure et difficile par un temps toujours défavorable, de très gros coups de vent, de la brume fréquente et de très mauvaises conditions des glaces. Ces difficultés furent surmontées et les deux principaux buts atteints, grâce aux qualités du navire, à l'entrain, au bon esprit et à l'endurance de l'équipage dirigé par de parfaits officiers mariniers sous les ordres de l'excellent officier des équipages de première classe A. Chatton, commandant le *Pourquoi-Pas ?* Tous ont fait, malgré d'extrêmes fatigues, plus que leur devoir.

L'état-major civil se composait de MM. P. Drach et J. Monod, naturalistes, de M. P. Idrac, physicien (ce dernier atteint de rhumatisme dut être hospitalisé à Thorsavn) et de MM. P. E. Victor, Gessen, Perez et Mater qui, chargés de mission par le Ministère de l'Éducation nationale, devaient, avec d'autres travaux secondaires, se livrer à des recherches ethnographiques sur les Esquimaux de Scoresby-Sund et les continuer sur ceux de la région d'Angmagsalik où nous devions les transporter et les installer pour une année.

A Tobermory, nous embarquâmes le Docteur Wager, géologue anglais ayant participé à l'ascension de l'Everest et aux expéditions de Watkins au Groenland, qui désirait étudier certains détails de la côte et préparer une base pour une nouvelle expédition; à Akureyré, M. Ebbe Münk, explorateur danois, nous rejoignit également et je ne crus pas possible de refuser à la femme d'un fonctionnaire de Scoresby-Sund le passage qu'elle ne pouvait trouver par ailleurs, lui permettant de rejoindre son mari dont elle était séparée depuis un an, à la suite de la mort dramatique de son enfant. MM. Wager et Münk, reconnaissant, après notre première tentative, que les conditions des glaces ne leur permettraient pas d'accomplir leurs missions, nous quittèrent à regret, lors de notre retour à Akureyré.

La traversée de Saint-Servan à Stornoway s'effectua normalement, mais à partir de cette escale, nous n'eûmes plus que des vents contraires, de la brume et du mauvais temps. A Thorsavn nous embarquâmes du matériel pour la mission ethnographique venant compléter celui pris en France. Nous mouillâmes dans la brume près du paquebot allemand *Monterosa* en croisière touristique avec 1300 passagers à bord. Il appareilla peu de temps après, et dix minutes plus tard s'échouait en situation

dangereuse vers le cap Glivursnaes. Nous lui offrîmes immédiatement nos services. La faible machine du *Pourquoi-Pas?* ne permit pas de contribuer au déséchouage, qui fut effectué après deux jours d'efforts, grâce à un puissant navire baliseur danois; une demi-heure plus tard s'éleva un coup de vent de Sud soulevant une grosse houle qui eût déterminé la perte du *Monterosa*. Nous pûmes toutefois lui fournir un exemplaire des cartes de courant des Feroë (S. H. 8 N.) qu'il ignorait et qui, dans la suite, pouvait lui éviter semblable accident. Capitaine et état-major allemands ne nous ménagèrent pas l'expression de leurs sentiments de reconnaissance.

En route pour Akureyré un très violent coup de vent nous obligea à relâcher à Seydisfiord, puis à nous abriter pendant quelques heures sous Langanaes.

Dans mon rapport de 1933 et dans une Communication faite à l'Académie de Marine (13, 1934), j'ai combattu les assertions tendant à faire considérer le Scoresby-Sund comme toujours facile à atteindre et devenant de ce fait un lieu ouvert au tourisme; j'ai même écrit la phrase suivante, dictée par mon expérience personnelle et ma documentation : « il se peut fort bien que la porte entr'ouverte dans la banquise en 1932, puis largement ouverte en 1933 se referme en 1934... ». Cette prédiction s'est malheureusement confirmée. Non seulement le Scoresby-Sund fut des plus difficiles à atteindre, mais la côte Est fut complètement bloquée jusqu'à la région d'Angmagssalik. Lauge Kock, parti sur le *Gustav-Holm* une quinzaine de jours avant nous, mit neuf jours à traverser les glaces jusqu'au Scoresby-Sund et il ne put pénétrer dans la baie de Rosenvinge; le *Njall*, petit navire islandais affrété par des explorateurs alpinistes italiens, mit environ trois semaines et se fit de graves avaries; le *Gertrud-Rask*, ravitailleur des colonies groenlandaises, que nous précédâmes et qui profita, ainsi que le *Njall*, des renseignements que nous pûmes lui transmettre, en prit six et nous-mêmes sept. Ces navires finirent par se dégager, mais tous, *Gustav-Holm* et *Njall* surtout, durent envisager l'éventualité d'un hivernage et s'y préparer.

Nous rencontrâmes les glaces à environ 30 milles du cap Tobin le 6 août, et y pénétrâmes, mais une avarie du patin de glissière de la B. P. nous décida, étant donné l'état constaté de la banquise, à revenir à Akureyré où la réparation fut rapidement effectuée. Le 13 août, nous rentrions de nouveau dans les glaces et, après avoir traversé la ceinture, nous nous sommes heurtés à des blocs de plusieurs milles d'étendue s'appuyant sur le cap Hope et comprimant dans leur marche lente un pack épais et serré; non sans peine nous avons pu nous dégager de cette zone dangereuse, mais

pour retomber dans la banquise de ceinture dans laquelle, emprisonnés, nous avons dérivé jusqu'au sud du cap Brewster. Profitant d'un relâchement momentané, nous avons foré notre route, sommes revenus sur nos pas, et nous sommes dirigés vers le cap Tobin à travers des glaces d'abord lâches, puis de nouveau très serrées; sauf de très fugitives éclaircies, tous ces trajets, qui ont pris six jours, se sont accomplis dans la brume. Quand celle-ci s'est levée, nous nous trouvions à quelques milles du cap Swainson. Enfin, le septième jour, forant de nouveau notre route, nous mouillâmes devant la station de Rosenvinge.

En communication par T. S. F. avec le *Gertrud-Rask* qui se trouvait dans les mêmes déplorables conditions, nous avons pu le renseigner sur la meilleure route à suivre, et le guider dans la brume par notre sifflet. Dans la suite, ce navire nous rendit des services du même ordre. Le *Njall*, qui n'avait pu atteindre son but sur la côte Est, suivit le ravitailleur danois.

A la station de Scoresby-Sund, nous conformant à nos instructions, nous avons embarqué tout le matériel laissé par l'*Année Polaire*; pendant cette opération, la mission ethnographique, ainsi que MM. Drach et Monod ont mené à bien leurs recherches et observations. Le *Njall*, dont le gouvernail avait été brisé et l'hélice endommagée, a été échoué; nous avons démonté, refait en grande partie et remonté son gouvernail. Nous avons offert l'hospitalité à bord au comte Bouzi et à ses camarades, qui l'ont acceptée avec une cordiale reconnaissance et leur avons fourni des indications pour la suite de leur expédition. Pendant notre séjour à Rosenvinge le temps a été généralement mauvais avec glaces abondantes, pluie et brume.

La ceinture de banquise, comme habituellement d'ailleurs, sauf en 1932 et 1933, s'appuyait sur la côte Est, mais cette année les glaces étaient particulièrement abondantes et serrées; elle interdisait totalement à tous les navires de s'en approcher.

Nous avons appareillé pour Angmagssalik, le 22 août; la traversée des glaces, tant pour sortir de la baie de Rosenvinge que pour franchir la ceinture extérieure, fut très dure; elle prouva la solidité du bateau, l'endurance de l'équipage et l'habileté du commandant.

Une fois en mer libre, nous longeâmes le bord extérieur de la banquise pendant les deux seuls vraiment beaux jours de toute notre campagne; toutefois, en arrivant dans les parages de notre destination, au moment de pénétrer dans le pack lâche bordant la côte, nous eûmes à subir quelques heures de coup de vent avec neige. Les icebergs étaient très nombreux et

de grandes dimensions; l'entrée même du fiord où se trouve la station d'Angmagssalik était bouchée par 5 milles de glaces très serrées que nous avons mis 12 heures à franchir. Le poste d'amarrage était occupé par le *Gertrud-Rask*, qui nous avait précédé de 24 heures, mais son capitaine nous indiqua un mouillage extérieur suffisamment à proximité de la station. Contrairement à ce qui s'y passe à cette époque de l'année, des glaces en assez grande abondance parcouraient le fiord et même un iceberg d'une vingtaine de mètres de hauteur frôla le *Pourquoi-Pas ?* sans l'endommager.

L'important matériel de la mission française a été débarqué par notre équipage, porté sur une colline de 20m d'altitude et installé à la confortable maison prêtée à nos compatriotes par le gouvernement danois. Environ 500 Esquimaux, comprenant femmes et enfants, venus momentanément des agglomérations voisines pour l'arrivée du *Gertrud-Rask*, ont été accueillis à bord; par de menus cadeaux de jouets, verroterie, pipes et tabac, de bonnes relations, dont profitera la mission ethnographique, ont été amorcées.

Le 29 août, un T. S. F. intercepté par notre poste nous a appris, alors que le *Gertrud-Rask* était déjà parti, qu'un avion américain, conduit par M. Light, accompagné d'un jeune officier de la N. R. des États-Unis, se rendait à Augmagssalik. Nous l'avons bientôt aperçu, hésitant dans la direction à prendre; par T. S. F. nous lui avons donné le relèvement nécessaire tout en faisant une colonne de fumée pour attirer son attention; il a pu ainsi reconnaître cette localité difficile à trouver et amerrir. Nous avons immédiatement conduit l'hydravion au meilleur mouillage, puis logé et entretenu les aviateurs à bord pendant leur séjour.

Un savant hollandais, M. Van Zuylen, membre de l'*Année Polaire*, qui a poursuivi pendant deux années consécutives des observations de magnétisme terrestre à Angmagssalik, nous a demandé de le ramener en France avec son matériel scientifique; nous avons, bien entendu, accédé à son désir.

Malgré les conseils transmis par l'avion américain parti le matin, nous appareillâmes le 31 août; non seulement les glaces abondantes descendant au Nord étaient alarmantes, mais l'obligation d'être continuellement sous les feux vidait nos soutes à charbon d'une façon inquiétante. La traversée fut très dure; un coup de vent d'E-N-E, estimé force 12 par la station de Jan Mayen, nous obligea à tenir les caps pendant trois jours, un autre du N-N-E lui succéda et, en forçant la voilure, nous finîmes par arriver à Reykjavik avec 5 tonnes de charbon en soutes.

Après ravitaillement dans ce port, nous avons appareillé pour Brest le

9 septembre. Le 10, le baromètre commença à baisser et tomba à 732 pour remonter ensuite rapidement à 770; du 10 au 12, nous avons essuyé une véritable tempête du N-E avec mer démontée nous obligeant à mettre en fuite; le vent de même force, mais avec une mer moins dangereuse, sauta brusquement au S-W, puis tourna au Sud; après deux jours de lutte sous voiles, nous avons pu nous réfugier dans le Trangisvaagfiord (Feroë) où nous avons réparé les quelques avaries occasionnées dans le gréement et la voilure par cette traversée mouvementée.

Pendant notre court séjour dans cette localité, deux grands hydravions de la *Military Air Force* britannique sont venus amerrir et nous ont demandé des renseignements sur Angmagssalik, où ils devaient éventuellement se rendre.

Le reste de la traversée de retour fut également mouvementé. Un coup de vent du Sud nous obligea à nous raccrocher à Stornoway, un autre à Milford Haven, et un dernier nous accueillit peu de temps avant notre arrivée à Brest dans la matinée du 26 septembre.

Au cours de cette campagne très pénible, non seulement nous avons atteint les deux buts principaux qui nous étaient assignés, récupération du matériel de l'*Année Polaire* et installation de la nouvelle mission française, mais des recherches biologiques, géologiques, ethnographiques ainsi que d'intéressantes observations météorologiques et glaciologiques ont été effectuées. En dehors de quelques renseignements concernant la navigation dans cette région plus de 200 sondages au Marti (fréquemment vérifié) ont été placés et portés; 120 remplissent des blancs de la carte et une dizaine complètent ou rectifient l'atterrissage des Feroë par l'Ouest.

Pendant cette croisière, et j'avoue en éprouver une certaine fierté, jamais le prestige de notre marine nationale et de la Science française à laquelle elle contribue si largement, n'a été perdu de vue. La façon dont s'est comporté le *Pourquoi-Pas?*, son état-major et son équipage a été appréciée par des nations usagères des régions parcourues. Nous avons, de plus, pu rendre des services, dont quelques-uns importants, à des navigateurs allemands, anglais, danois, islandais, italiens, américains et hollandais.

M. **Ch. Maurain** fait hommage à l'Académie d'un volume contenant les *Comptes rendus de l'Assemblée de Lisbonne* (1933), de l'*Association de Magnétisme et Électricité terrestres*, de l'*Union géodésique et géophysique internationale*, publiés par les soins de Ch. Maurain et D. La Cour.

ÉLECTIONS.

MM. **H. Le Chatelier** et **G. Urbain** sont élus à nouveau membres de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Propriétés asymptotiques des sommes de variables aléatoires enchaînées*. Note de M. **Paul Lévy**.

1. Soit une suite de variables enchaînées u_n ($n=1, 2, \ldots$). Désignons par $\mathcal{E}_n\{x\}$ et $\mathcal{P}_n\{E\}$ la valeur probable de x et la probabilité de E, évaluées lorsque l'on connaît les n premières variables u_ν; les notations $\mathcal{E}$ et $\mathcal{P}$ indiqueront des évaluations *a priori*. Nous poserons

$$\mu_n^2=\mathcal{E}_{n-1}\{u_n^2\},\qquad \sigma_n^2=\sum_1^n \mu_\nu^2,\qquad S_n=\sum_1^n u_\nu.$$

Nous aurons à utiliser les hypothèses suivantes :

$(\mathcal{C})$ $$\mathcal{E}_{n-1}\{u_n\}=0,$$

$(\mathcal{C}')$ $$|u_n|\leqq U \quad (\text{U indépendant de } n),$$

$(\mathcal{C}'_1)$ $$\left\{\begin{array}{l}|u_n|\leqq U_n(u_1, u_2, \ldots, u_{n-1}),\\ \mathcal{P}\left\{\lim_{n\to\infty}\left[\sum_1^n \mathcal{P}_{\nu-1}\{|U_\nu|>\varepsilon\sigma\}\right]_{\sigma=\sigma_n}=0\right\}=1 \quad (\varepsilon \text{ arbitrairement petit}),\end{array}\right.$$

$(\mathcal{C}'_2)$ les $|u_n|$ vérifient la condition imposée ci-dessus aux U_n.

$(\mathcal{C}'_2)$ est donc moins restrictif que $(\mathcal{C}'_1)$. Si $(\mathcal{C}'_2)$ n'est pas vérifié, il existe une infinité de valeurs de n pour lesquelles on ne peut pas négliger la probabilité que le plus grand des $|u_\nu|$ ($\nu\leqq n$) dépasse $\varepsilon\sigma_n$; du moins cette circonstance a une probabilité positive. $(\mathcal{C}'_2)$ est naturellement un peu moins restrictif que la condition obtenue en se plaçant au point de vue de la loi forte des grands nombres, et écrivant que $|u_n|/\sigma_n$ tend presque sûrement

vers zéro; il faudrait écrire

$$\mathfrak{P}\left\{\sum_{1}^{\infty}\mathfrak{P}_{n-1}\{|u_n|>\varepsilon\sigma_n\}<\infty\right\}=1.$$

Théorème I. — *En négligeant des éventualités infiniment peu probables, si* ($\mathcal{C}$) *est vérifié, la convergence de la série* $\Sigma\mu_n^2$ *entraîne celle de* Σu_n. *Si* ($\mathcal{C}$) *et* ($\mathcal{C}'_1$) *sont vérifiés, la divergence de la première série entraîne celle de la seconde.*

2. Appelons *chaîne* toute suite de valeurs possibles pour les u_n. Imaginons une règle absolument quelconque, déterminant à chaque instant en fonction de $u_1, u_2, \ldots, u_n$ si les expériences ayant donné ces valeurs doivent être arrêtées ou continuées (exemple : jeu arrêté par la ruine du joueur). Chaque chaîne sera ainsi arrêtée après un certain nombre N (fini ou infini) de termes; l'ensemble des chaînes ainsi arrêtées constitue une *section;* à chaque section correspondent trois variables aléatoires importantes à considérer, N, $\sigma_N^2=t$ et $S_N=X$. Nous appellerons section à t constant celle obtenue en arrêtant chaque chaîne dès que σ_n^2 atteint ou dépasse t. Compte tenu de ($\mathcal{C}'_2$), on peut alors avec une erreur négligeable sur X supposer que σ_N^2 a exactement la valeur donnée t.

Dans les énoncés qui suivent, il est entendu que la probabilité de la divergence de $\Sigma\mu_n^2$ est positive, et, si elle n'est pas égale à l'unité, qu'il s'agit de probabilités *a posteriori* évaluées dans l'hypothèse de la divergence [on peut éviter d'évaluer des probabilités dépendant d'une infinité de termes en faisant seulement l'hypothèse $|S_n|>S$ et faisant croître indéfiniment d'abord n, ensuite S; ou bien en faisant l'hypothèse $|S_n|>\varphi(\sigma_n)$, $\varphi(\sigma)$ augmentant indéfiniment avec σ mais étant infiniment petit par rapport à σ]. Enfin il s'agit de l'étude asymptotique de sections dépendant d'un paramètre λ, et telles que t soit, sauf dans des cas de probabilité nulle, fini et indéfiniment croissant avec λ.

Théorème II. — *Pour les sections à t constant, si* ($\mathcal{C}$) *et* ($\mathcal{C}'_1$) *sont vérifiés, et en cas de divergence de* $\Sigma\mu_n^2$, *on a*

$$\lim\mathfrak{P}\{X<\xi\sqrt{t}\}=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\xi}e^{-\frac{x^2}{2}}\,dx.$$

En remplaçant, dans les théorèmes I et II, ($\mathcal{C}'_1$) par la condition plus restrictive ($\mathcal{C}'$), on a un énoncé moins complet que j'ai déjà communiqué le 23 mai 1934 à la Société mathématique de France. On ne peut pas espérer mieux que de remplacer ($\mathcal{C}'_1$) par la condition moins restrictive ($\mathcal{C}'_2$),

sans laquelle il est impossible de trouver pour S_n une loi asymptotique indépendante d'hypothèses plus précises sur la probabilité des grandes valeurs de u_n. Supposons donc $(\mathcal{C}'_2)$ vérifié, et désignons par u'_n une variable égale à u_n si $|u_n| \leqq \varepsilon\sigma_n$ et nulle dans le cas contraire; le théorème II s'applique alors toujours à la suite des variables $u'_n - \mathcal{E}_{n-1}\{u'_n\}$. Il s'appliquera aussi à Σu_n moyennant une nouvelle hypothèse : les valeurs de $|u_n|$ dépassant $\varepsilon\sigma_n$, par hypothèse très peu probables, peuvent de plus être négligées pour le calcul de $\Sigma\mathcal{E}_{n-1}\{u_n\}$ et de σ_n^2, avec des erreurs très petites respectivement par rapport à σ_n et σ_n^2, et $\Sigma(\mathcal{E}_{n-1}\{u'_\nu\})^2$ est en outre très petit par rapport à σ_n^2.

Pour des sections à t variable, on a le résultat suivant, où $\mathfrak{T}'$ désigne une probabilité calculée dans l'hypothèse que, quand σ_n^2 atteint la valeur t_1, on ait $s_n < x_1\sqrt{t_1}$.

Théorème III. — *Si $(\mathcal{C})$ et $(\mathcal{C}'_1)$ sont vérifiés, dans les cas de divergence de $\Sigma\mu_n^2$, et si la section considérée est telle que*

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \lim_{\lambda \to \infty} (\mathfrak{T} - \mathfrak{T}')\{t_1(1-\varepsilon) < t < t_2(1+\varepsilon)\} = 0$$

[t_1 et $t_2 \geqq t_1$ infinis avec λ, x_1 constant quelconque], *la conclusion du théorème II subsiste.* En d'autres termes, X est encore le produit de $\sqrt{t}$ par la variable gaussienne x indépendante de t; mais ici t est une variable aléatoire.

Application. — Supposons la loi dont dépend u_n symétrique, celle dont dépend $|u_n|$ dépendant seulement de $|u_1|, |u_2|, \ldots, |u_{n-1}|$, et telle que $(\mathcal{C}'_1)$ soit vérifié. Alors, la section à n constant étant du type précédent, la conclusion du théorème III s'applique, dans les cas de divergence de $\Sigma\mu_n^2$, à l'étude de S_n pour une valeur donnée et très grande de n.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème de M. Picard.*
Note de M. **M. Ghermanesco**, transmise par M. Émile Borel.

1. Considérons une fonction entière d'ordre fini $f(z)$, admettant le développement taylorien

$$f(z) = c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + \ldots.$$

Le théorème de M. Picard admet l'existence d'une seule valeur exceptionnelle finie a au plus pour $f(z)$, tandis qu'un autre, dû à M. Borel, exige que, dans ces conditions, $f(z)$ soit d'ordre fini. Enfin un théorème

de M. Calugareano [1] donne la valeur exceptionnelle comme racine d'une certaine équation algébrique.

La proposition suivante complète les résultats cités plus haut :

THÉORÈME. — *Les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction entière d'ordre fini $f(z)$ admette une valeur exceptionnelle a sont les suivantes :*

a. Entre un nombre quelconque $p+1$ de coefficients consécutifs du développement taylorien de la fonction $f(z)$, il doit y avoir une relation récurrente linéaire de la forme

$$\text{(A)}\qquad \lambda_0 c_n + \lambda_1 c_{n-1} + \ldots + \lambda_{p-1} c_{n-p+1} = (n+1)\, c_{n+1} \qquad (n \geqq p);$$

b. Les $p+1$ premiers coefficients du même développement doivent satisfaire aux relations

$$\text{(B)}\qquad \lambda_0 c_n + \lambda_1 c_{n-1} + \ldots + \lambda_n c_0 = (n+1)\, c_{n+1} + a\lambda_n \qquad (n = 0, 1, \ldots, p-1),$$

a, λ_i étant des constantes. Dans ces conditions, p sera l'ordre et a la valeur exceptionnelle de $f(z)$.

La démonstration s'appuie sur la relation

$$f(z) - a = e^{P(z)},$$

$P(z)$ étant un polynome du $p^{\text{ième}}$ degré en z, tel que

$$P'(z) = \lambda_0 + \lambda_1 z + \lambda_2 z^2 + \ldots + \lambda_{p-1} z^{p-1}.$$

On démontre aussi qu'il ne peut y avoir deux relations de la forme (A) entre les coefficients d'une fonction entière, vu que, dans ce cas, ces coefficients vérifieraient aussi une relation de la forme

$$\mu_0 c_n + \mu_1 c_{n-1} + \ldots + \mu_{p-1} c_{n-p+1} = 0,$$

μ_i étant des constantes, relation qui caractérise les fractions rationnelles. L'élimination des constantes λ_i entre les relations (B) nous conduit au théorème de M. Calugareano.

Étant donné l'unicité des coefficients λ_i, les relations (B) donnent immédiatement une démonstration élémentaire du théorème de M. Picard car, en les supposant vérifiées pour deux valeurs a_1, a_2 de a, on en déduit $a_1 \equiv a_2$.

2. Considérons un système de m fonctions entières d'ordres finis $f_i(z)$

(1) *Bull. des Sc. math.*, 54, 1930, p. 17-32.

($i=1, 2, \ldots, m$), linéairement distinctes. La combinaison

$$F(z) = \mu_0 + \mu_1 f_1(z) + \mu_2 f_2(z) + \ldots + \mu_m f_m(z)$$

est dite *exceptionnelle*, d'après M. P. Montel (1), lorsque $F(z)$ est dépourvue de zéros. En désignant par c_{in} le coefficient de z^n dans $f_i(z)$, les combinaisons des coefficients des mêmes puissances de z,

$$\mu_1 c_{1n} + \mu_2 c_{2n} + \ldots + \mu_m c_{mn},$$

devront satisfaire, d'après le théorème précédent, aux relations (A) et (B), a devra y être remplacé par μ_0. Nous dirons que les coefficients c_{in} forment, dans ces conditions, *une combinaison exceptionnelle*. Avec cela, le théorème précédent nous donne :

THÉORÈME. — *Étant donné un système de m fonctions entières d'ordres finis linéairement indépendantes, elles forment une combinaison exceptionnelle lorsque les coefficients des mêmes puissances de z en forment une.*

De ce théorème on déduit ceux qui correspondent aux algébroïdes entières et aux fonctions méromorphes, dont le premier comprend un théorème de M. Varopoulos (2).

3. On peut enfin rattacher quelques considérations géométriques au théorème précédent. L'élimination des constantes λ_i entre les relations (B) écrites pour les combinaisons des coefficients c_{in}, nous conduit à une relation algébrique entre les paramètres $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_m$ (3). En considérant ces paramètres comme étant les coordonnées d'un point de l'espace à m dimensions, cette relation définit une surface G, que nous dirons *exceptionnelle*, tandis que les points $M_k(\mu_i)$ correspondant aux combinaisons exceptionnelles seront les *points exceptionnels* de la surface. Ces considérations, jointes à un théorème de M. Montel (*loc. cit.*), nous conduisent au résultat suivant :

THÉORÈME. — *A tout système de m fonctions entières d'ordres finis, linéairement distinctes, correspond une surface exceptionnelle dans l'espace à m dimensions, sur laquelle se trouvent* $2m-1$ *points exceptionnels au plus.*

---

(1) *Acta mathematica*, 49, 1926, p. 115 et suiv.

(2) *Mathematica*, 5, 1931, p. 7-9.

(3) On peut supposer μ_0 égal à une constante, ce qui revient à diviser tous les μ^i par la même quantité, sans ôter le caractère de combinaison exceptionnelle à $F(x)$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques nouvelles remarques sur l'analogie hydraulique des mouvements d'un fluide compressible.* Note ([1]) de M. **Dimitri Riabouchinsky**, transmise par M. Henri Villat.

M. Émile Jouguet ([2]) a développé d'une manière systématique l'analogie qui existe entre les théories des mouvements par tranches parallèles de l'eau dans un canal et d'un gaz dans un tuyau. Il appelle *gaz hydraulique* le gaz fictif dont l'équation de compressibilité est telle que la pression est proportionnelle au carré de la densité et démontre que la perte de charge produite par l'onde de choc dans le gaz hydraulique et par le ressaut dans un liquide sont identiques.

L'analogie entre les ondes soulevées par un navire et celles qui accompagnent un projectile a aussi été signalée, mais, comme le remarque M. J. Ackeret ([3]), cette dernière analogie est assez superficielle (nicht sehr weitgehend).

J'ai étendu ([4]) la théorie de l'analogie hydraulique aux mouvements bidimensionnels d'un gaz, ayant en vue de développer une méthode de recherches expérimentales basée sur cette analogie. Je me propose d'exposer ici une nouvelle généralisation de cette théorie.

Prenons les équations du mouvement, rapportées à des axes mobiles, sous la forme :

$$\frac{\partial H}{\partial x} = 2\zeta v' - \frac{\partial u}{\partial t}, \qquad \frac{\partial H}{\partial y} = -2\zeta u' - \frac{\partial v}{\partial t}, \qquad \frac{\partial Q}{\partial z} = 0,$$

$$Q = H - \frac{1}{2}(q'^2 - \bar{q}^2) = \int \frac{dp}{\rho} - U + \text{const.}$$

Pour un gaz, et sur la surface libre d'un liquide, on a

$$Q_{\text{gaz}} = \frac{C^2}{\gamma - 1}\left[\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^{\gamma-1} - 1\right], \qquad Q_{\text{eau}} = C^2\left(\frac{h}{h_1} - 1\right).$$

h_1, ρ_1 et C sont respectivement la profondeur de l'eau, la densité du gaz et la célérité des ondes en un point où les vitesses relative et d'entraînement

---

([1]) Séance du 17 septembre 1934.

([2]) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 8e série, 3, 1920, p. 7.

([3]) *Gasdynamik* (*Handbuch der Physik*, 7, 1927, p. 337).

([4]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 998.

sont égales. L'analogie considérée s'étend donc aux mouvements non permanents et rotationnels d'un gaz.

Calculons les coefficients de résistance K_x pour un cylindre de hauteur l placé dans un tunnel aérodynamique (*fig.* 1), et pour un cylindre de même

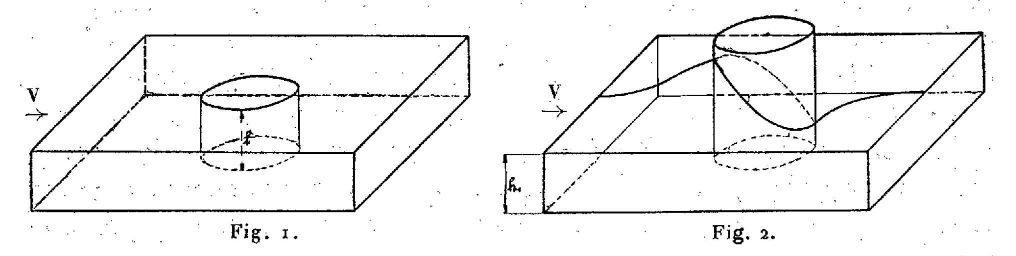


Fig. 1. Fig. 2.

diamètre D qui se déplace dans un bassin de profondeur $h_1 = l$ (*fig.* 2) :

$$\frac{R}{\rho_1 V^2 l D} = \frac{\int p \cos\widehat{n\,x}\, ds}{\rho_1 V^2 D} = \frac{C^2}{V^2}\int \frac{1}{\gamma}\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^\gamma \cos\widehat{n\,x}\,\frac{ds}{D},$$

$$\frac{R}{\rho V^2 h_1 D} = \frac{\iint p \cos\widehat{n\,x}\, ds\, dh}{\rho V^2 h_1 D} = \frac{C^2}{V^2}\int \frac{1}{2}\left(\frac{h}{h_1}\right)^2 \cos\widehat{n\,x}\,\frac{ds}{D}.$$

Pour le gaz hydraulique et pour l'eau, ces expressions se confondent pour un cylindre de section quelconque. Il en est de même pour les coefficients de moment.

Il résulte de cette théorie qu'un bassin approprié à de pareilles recherches (pas profond mais large, muni éventuellement, le long de ses parois, de dispositifs pour amortir les ondes) pourrait rendre dans l'étude de la résistance des fluides compressibles des services comparables à ceux rendus par les bassins dans les recherches sur les carènes et par les souffleries à l'aérodynamique des voilures. L'étude expérimentale des mouvements non permanents, par exemple de ceux que déterminerait une aile battante, serait difficilement réalisable dans l'air à des vitesses supersoniques; au contraire, dans le bassin de l'analogie hydraulique, une pareille étude ne présenterait aucune difficulté. Il resterait, sans doute encore, pour obtenir une coïncidence quantitative, à calculer la correction de passage du gaz hydraulique à l'air.

Citons un exemple de l'application de cette théorie. Comme on le sait, les qualités portantes des voilures diminuent aux très grandes vitesses. J'ai pensé qu'on pourrait y remédier, dans une certaine mesure, en adjoignant à la voilure des plans, parallèles au mouvement, pour déterminer une

réflexion de l'onde supérieure de surpression vers le bas et de l'onde inférieure de dépression vers le haut. L'interférence des ondes pourrait aussi être utilisée pour diminuer la résistance des corps à l'avancement.

Pour soumettre ce raisonnement à une vérification expérimentale, j'ai étudié, dans une cuve à mouvements d'eau adaptée à ces recherches, l'aile épaisse RAF ([1]) de L. J. Briggs et H. L. Dryden. Le plan réfléchissant était placé à une certaine distance au-dessus du bord d'attaque de la voilure. Les valeurs respectives des coefficients sans dimension K_y et K_x et celles de la finesse, pour $V:C = 1,75$ et $i = 14°$, sont données ci-dessous. Voilure sans *réflecteur* : 0,213; 0,115; 1,85. Voilure avec réflecteur : 0, 262; 0,098; 2,61. Cette expérience préliminaire est donc en bon accord avec la prévision théorique.

AÉRODYNAMIQUE. — *Les hélices aériennes; photographie des trajectoires; étude des tourbillons secondaires.* Note ([2]) de M. **Jacques Valensi**, transmise par M. Henri Villat.

Nous avons donné ([3]) avec le tracé d'un faisceau de trajectoires marginales une vérification de ce tracé consistant dans la reconstitution des lignes d'émission correspondantes par la jonction des points d'égale phase du faisceau. On peut vérifier la forme des trajectoires par leur photographie directe obtenue de la manière suivante : le faisceau de fumée étant éclairé vivement par un faisceau lumineux laminaire contenant le tube de fumée et l'axe de l'hélice, on exécute un instantané (durée approximative une révolution de l'hélice) l'appareil étant placé à 90° du faisceau lumineux. Dans l'exemple ci-contre, les trajectoires ainsi photographiées (en projection) présentent une analogie frappante avec les trajectoires dont nous avons donné le tracé ([3]).

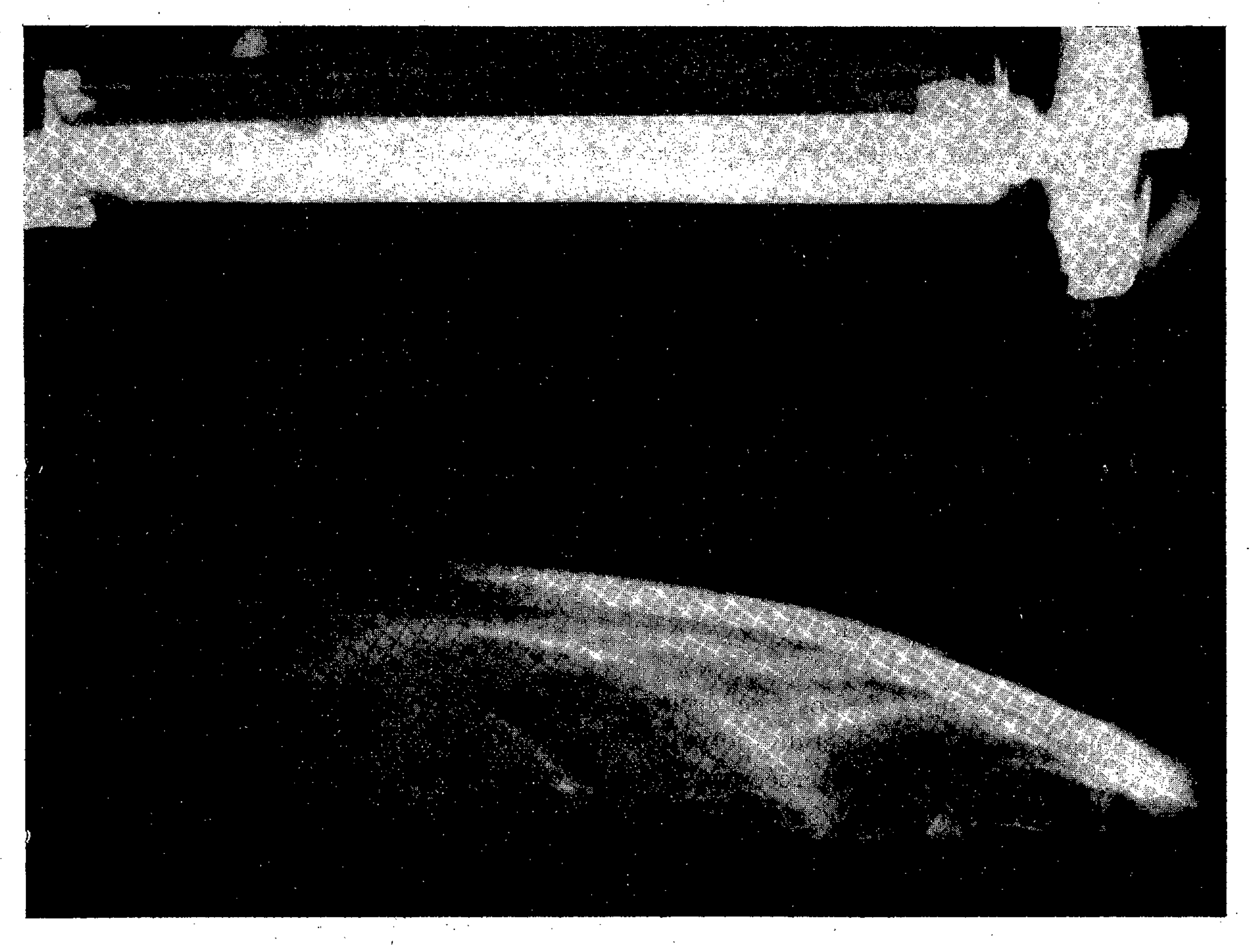
Décrivons d'autre part brièvement les apparences qui nous ont permis de conclure à l'existence dans le champ aval de l'hélice de tourbillons hélicoïdaux secondaires entre le tourbillon marginal et le tourbillon du moyeu (tourbillons principaux). Dans toutes les coupures des lignes d'émission, entre la région marginale et la région du moyeu (lignes d'émis-

([1]) *C. R. du IIIe Congrès international de Mécanique appliquée*, Stockholm, **1**, 1930, p. 421.

([2]) Séance du 17 septembre 1934.

([3]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2137.

sion secondaires) on aperçoit des panaches de fumées revêtant la forme de petits tubes se développant à partir des coupures sur une faible longueur (en comparaison des tubes analogues de la région marginale) dans le sens de rotation de l'hélice le long des lignes hélicoïdales lieu des centres des



coupures des lignes d'émission. En donnant au tube de fumées des positions convenables, on fait parcourir aux panaches de fumées ces lignes hélicoïdales, et l'on constate qu'elles aboutissent au bord de fuite des pales.

Il est permis, par conséquent, de considérer la couche de discontinuité qui s'échappe du bord de fuite des pales comme formée de filets tourbillonnaires hélicoïdaux gardant toujours leur individualité (tout au moins dans le champ de notre observation, trois diamètres à l'aval de l'hélice). La forme de cette couche de discontinuité serait par conséquent *stable*; il

ne semble pas en particulier qu'il y ait tendance à un enroulement, et si cet enroulement existe en dépit des apparences, il est extrêmement partiel étant donné la subsistance des coupures et panaches le long des lignes d'émission secondaires. Cependant nous avons mis en évidence par l'étude des trajectoires un phénomène d'enroulement que nous avons schématisé ici (*loc. cit.*), pour les lignes d'émission marginales; il convient de noter que les particules d'air qui s'enroulent autour du tourbillon marginal n'ont pas touché les pales de l'hélice en traversant le plan de rotation. Un phénomène analogue se produit sur les lignes d'émission secondaires; cette fois les particules de ces lignes d'émission qui n'ont pas touché les pales de l'hélice s'enroulent en partie autour du tourbillon marginal ou du tourbillon du moyeu (enroulement principal) et en partie autour des tourbillons secondaires correspondants (enroulement secondaire). Pour les lignes d'émission secondaires de la région neutre, cependant, l'enroulement a presque exclusivement lieu autour des tourbillons secondaires. D'ailleurs l'enroulement croît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'hélice.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption par le charbon de mélanges binaires en solution aqueuse.* Note [1] de M. **Raymond Amiot**, présentée par M. Delépine.

Comme suite à nos recherches antérieures sur l'adsorption par le charbon des phénols et des polyalcools en solution aqueuse [2], nous avons étudié l'adsorption exercée par le même corps sur des mélanges binaires de ces constituants en solution aqueuse.

A 40^{cm^3} de la solution, on ajoutait une masse de charbon égale à 200^{mg}. Après agitation de quelques heures et centrifugation, on comparait, au moyen d'un réfractomètre interférentiel, l'indice de la solution ainsi obtenue à celui de la solution initiale. L'appareil avait été étalonné au préalable pour chaque substance, et l'on s'était assuré que, dans l'une quelconque des solutions utilisées, une augmentation de concentration de l'un des constituants produisait une augmentation d'indice sensiblement indépendante de la concentration de l'autre constituant. Les mesures

---

(1) Séance du 30 juillet 1934.

(2) R. Amiot, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 325.

faisaient connaître la diminution globale d'indice produite par l'adsorption; pour en déduire la masse de chaque substance fixée, il était nécessaire de doser l'une des substances dans la solution en équilibre.

Nos expériences ont porté sur des mélanges où le phénol était associé à diverses substances non entraînables par la vapeur d'eau : saccharose, mannite, érythrite, glycérine. Lorsque l'équilibre d'adsorption était réalisé, on éliminait le phénol par entraînement à la vapeur d'eau et l'on dosait le constituant restant en solution par une mesure d'indice à l'interféromètre.

Dans les tableaux suivants relatifs à quelques expériences sur des mélanges de phénol et de saccharose, on a désigné par C et C′ les concentrations initiales, par x et x' les concentrations d'équilibre du phénol et du saccharose en milligrammes pour 100$^{cm^3}$ de solution; par y et y' les masses en milligrammes de phénol et de saccharose fixés par gramme de charbon.

Tableau I.

	C = 0.		C = 50.			
C′.	x'.	y'.	x.	y.	x'.	y'.
0..........	0	0	1,7	96,6	0	0
25..........	2,1	45,9	1,7	96,6	11,1	27,8
50..........	11,6	76,9	2,0	96,1	28,6	42,9
100..........	47,5	105,1	3,1	93,8	72,6	54,8
200..........	137,9	124,3	2,9	94,3	165,3	69,5
400..........	328,9	142,3	2,6	94,8	361,6	76,8

Tableau II.

			$\frac{C}{C+C'}=\frac{1}{2}$.		$\frac{C}{C+C'}=\frac{1}{3}$.		$\frac{C}{C+C'}=\frac{1}{6}$.	
C.	x.	y.	x'.	y'.	x'.	y'.	x'.	y'.
12,5...	0,6	23,9	2,9	19,2	2,4	45,1	24,8	75,5
25,0...	1,3	47,4	8,7	32,7	20,8	58,5	81,0	88,1
50,0...	2,9	94,3	28,6	42,9	72,6	54,8	210,4	79,2
100,0...	17,2	165,6	93,5	13,1	188,7	22,6	475,2	49,6

Des résultats rassemblés dans les tableaux précédents, et d'autres dont le détail sera publié ailleurs, se dégagent les conclusions suivantes :

1° Dans une solution mixte contenant du phénol associé à l'un quelconque A des constituants examinés, l'adsorption du phénol n'est pas influencée d'une manière sensible par la présence du second constituant. Par contre, la présence du phénol a pour effet de réduire dans des proportions notables l'adsorption du constituant A (Tableau I).

2° Pour une concentration initiale déterminée du phénol, l'adsorption du constituant A par le charbon croît à mesure que croît sa concentration dans le mélange (Tableau I). Si l'on représente graphiquement la concentration y' du constituant A dans le charbon en fonction de sa concentration x' dans la solution, les courbes $y' = f(x')$, qui ont l'allure des isothermes d'adsorption, s'étagent dans l'ordre décroissant des concentrations initiales de phénol.

3° Pour des solutions dans lesquelles la proportion initiale du phénol dans le mélange dissous $C/C + C'$ demeure constante (Tableau II), la concentration totale en corps dissous allant en croissant,

a. la concentration y du phénol dans le charbon croît en fonction de sa concentration d'équilibre x dans la solution suivant les lois ordinaires de l'adsorption et sans être influencée d'une manière sensible par la concentration initiale du constituant A;

b. la concentration y' du constituant A dans le charbon croît d'abord avec la concentration d'équilibre x' de ce constituant dans la solution, passe par un maximum pour une certaine valeur x'_M et décroît ensuite pour tendre vers zéro.

La concentration x'_M relative au maximum varie en sens inverse de la proportion initiale $C/C + C'$ de phénol dans le mélange dissous.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la conservation à l'état hygrométrique* 1/2 *des bobines de résistance étalon Otto Wolff à fil laqué, exposées aux variations dues aux inégalités de l'humidité atmosphérique.* Note (¹) de M. **Miroslav Romanowski**, présentée par M. Paul Janet.

A la suite d'observations qualitativement concordantes faites indépendamment au Bureau of Standards (Rosa et Babcock), au National Physical Laboratory (Smith), et à la Physikalisch-technische Reichsanstalt (Lindeck), concernant l'influence de l'humidité atmosphérique sur les bobines de résistance laquées exposées à l'air, deux moyens ont été adoptés pour soustraire les étalons à ces causes de variation : aux États-Unis et en Angleterre, l'habitude est de fermer hermétiquement le boîtier des bobines étalons.

En Allemagne on préfère laisser les boîtiers ouverts et conserver les

(¹) Séance du 24 septembre 1934.

étalons dans une enceinte où règne un état hygrométrique donné choisi arbitrairement égal à 50 pour 100.

Le Bureau international a adopté ce procédé de conservation des étalons à boîtier ouvert et le recommande aux autres institutions.

La constance de l'état hygrométrique est assurée par l'emploi de solutions aqueuses d'acide sulfurique de concentration appropriée ou, ce qui revient au même, de densité fixée.

A condition que la température dans la solution soit bien égale à celle de l'air de l'enceinte, et que cette solution présente une large surface de contact avec l'air, on obtient en peu de temps un état hygrométrique très sensiblement indépendant de la température; pour d'autres raisons, on a intérêt à ne pas s'écarter beaucoup de 20° (température de définition des bobines de résistance).

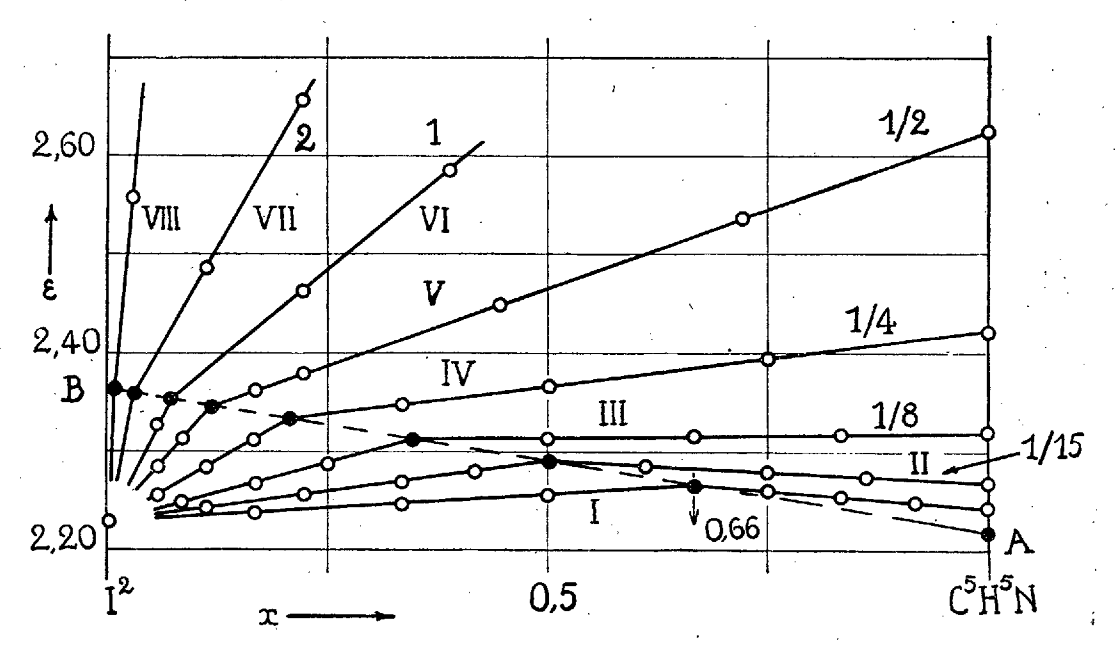
Pour réaliser l'état hygrométrique 1/2, la Physikalisch-technische Reichsanstalt emploie des solutions aqueuses d'acide sulfurique ayant à 20° la densité $1,33_6$. Il revient pratiquement au même d'utiliser des solutions dosées par voie chimique et présentant la concentration en masse de 43,2 pour 100 SO^4H^2.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Existence d'un type fréquent de complexe iodé en solution organique*. Note de MM. **André Chrétien** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Georges Urbain.

La coloration brune des solutions d'iode, observée avec de nombreux solvants organiques, est attribuée généralement à la formation de combinaisons d'addition dissociables par élévation de température avec retour au violet, coloration considérée comme normale. Nous avons appliqué la méthode des variations dites continues à la recherche de ces combinaisons par mesure du pouvoir inducteur spécifique (p. i. s.). Une solution violette d'iode $[(1-x)\,cm^3]$ est additionnée d'une solution d'un corps qui la fait brunir $(x\,cm^3)$; le mélange obtenu présente un p. i. s. ε. On porte x en abscisse et ε en ordonnée.

Iode et pyridine. — Si l'on ajoute une solution de pyridine à une solution d'iode, dans le sulfure de carbone, le p. i. s. varie de façon discontinue. Le grafique est formé de deux droites dont le point de rencontre correspond toujours à la solution renfermant 1 mol-g d'iode pour 2 mol-g de pyridine.

Nous avons fait huit séries de mesures; l'une en solutions équimoléculaires (1/30e mol-g/l, courbe I); pour les autres séries, la concentration de l'iode est 1/30e mol-g/l, celle de la pyridine est respectivement 1/15, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 et 12,4 mol-g/l (pyridine pure) (courbes II à VIII). L'abscisse de la cassure a pour expression $x = 2/p + 2$ (p, rapport de la concentration moléculaire de la pyridine à celle de l'iode); en solutions équimoléculaires, $x = 0,66$.



Un diagramme analogue est obtenu en utilisant comme solvant le cyclohexane.

Ces faits s'accordent en faveur de l'existence en solution d'un composé formé par l'union d'une mol-g d'iode avec 2 mol-g de pyridine. On peut admettre que ce composé n'est pas dissocié. Il se fait la réaction non équilibrée

$$I^2 + 2C^5H^5N \rightarrow [I^2(C^5H^5N)^2],$$

La propriété mesurée est additive par rapport à l'iode, à la pyridine et au composé complexe; on voit que les points anguleux qui correspondent à la concentration maximum du complexe, donc à une solution du complexe pur, s'alignent de façon remarquable (droite AB).

Des résultats analogues au précédent ont été obtenus en substituant à la

pyridine les bases suivantes : quinoléine, aniline, paratoluidine, diphénylamine, tribenzylamine. Dans chaque cas, nous avons mis en évidence un composé renfermant 1 mol-g d'iode pour 2 mol-g de base. L'existence en solution dans le tétrachlorure de carbone, ou dans le cyclohexane, des complexes suivants est établie :

$$[I^2(C^9H^7N)^2]; \quad [I^2(C^6H^5NH^2)^2]; \quad \left[I^2\left(C^6H^4\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown NH^2\end{matrix}\right)^2\right];$$

$$[I^2[(C^6H^5)^2NH]^2]; \quad [I^2[(C^6H^5CH^2)^3N]^2].$$

On fait intervenir dans la bibliographie divers composés halogénés, obtenus généralement d'une manière indirecte, de la pyridine et de l'aniline. Les formules indiquées paraissent incertaines, et les résultats sont assez incohérents. Notons seulement les combinaisons suivantes qui sont les plus sûres : $[I, C^5H^5N]NO^3$; $[I, (C^5H^5N)^2]NO^3$; $[I, (C^5H^5N)^2ClO^4$. Les complexes iodoazotés du type $[I^2, X^2]$ (X, base organique) dont nous avons caractérisé l'existence en solution ne sauraient être confondus avec ceux-là [1].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates du sulfate cobalteux.*

Note de M. **Raymond Rohmer**, présentée par M. Georges Urbain.

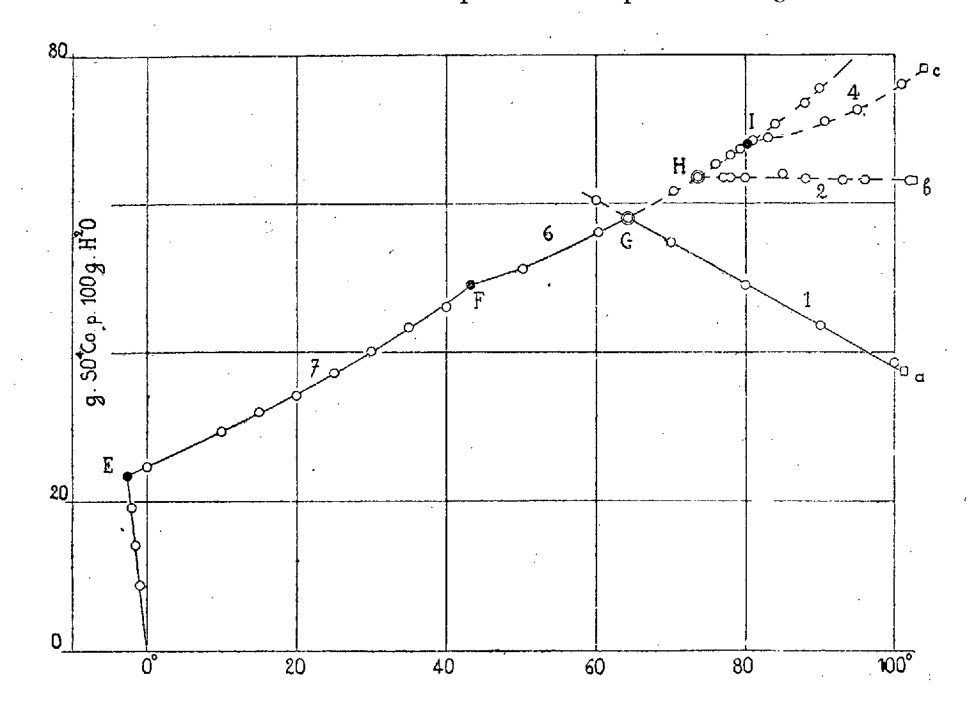
J'ai étudié par solubilité le système $SO^4Co — H^2O$ dans tout l'intervalle de température accessible sous la pression atmosphérique. Cette étude était justifiée par les résultats incohérents éparpillés dans la bibliographie. En exceptant les composés $SO^4Co, 7H^2O$ et $SO^4Co, 6H^2O$ et, peut-être, SO^4Co, H^2O, il n'était pas possible d'affirmer l'existence d'autres hydrates définis. Certains auteurs concluaient même à l'absence de tout autre hydrate.

Le diagramme qui résume mon travail comporte six branches de courbe mettant en évidence six phases solides : glace et cinq hydrates. L'existence des composés $SO^4Co, 4H^2O$; $SO^4Co, 2H^2O$ et SO^4Co, H^2O est donc établie avec certitude.

---

(1) Pendant nos recherches, M. Chatelet (*Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1421) a obtenu la combinaison $I^2, (C^5H^5N)^2$ par évaporation de solutions d'iode dans la pyridine; la durée de vie des cristaux est très courte, de deux à cinq minutes.

Les équilibres relatifs au tétrahydrate et au dihydrate sont toujours métastables. Le monohydrate est la phase solide stable au-dessus de 64°, 2 ; sa solubilité diminue linéairement quand la température augmente.



Il intervient cinq équilibres en présence de deux solides. Voici les caractéristiques de ces équilibres :

Solides coexistants.	Point.	Température.	SO^4Co (gr. p. 100g d'eau)
Glace — $SO^4Co, 7H^2O$...	E	— 2°,7	23,5
$SO^4Co, 7H^2O$ — $SO^4Co, 6H^2O$...	F	43,3	49,0
$SO^4Co, 6H^2O$ — SO^4Co, H^2O...	G	64,2	58,0
$SO^4Co, 6H^2O$ — $SO^4Co, 2H^2O$...	H	72,9	63,5
$SO^4Co, 6H^2O$ — $SO^4Co, 4H^2O$...	I	80,4	68,1

Les équilibres métastables faisant intervenir l'hexahydrate, le tétrahydrate et le dihydrate sont peu tenaces. Vers les températures élevées, il est de plus en plus difficile d'atteindre la saturation avant un commencement de transformation du solide en hydrate inférieur. La durée d'existence du tétrahydrate comme phase solide unique est particulièrement courte : quelques heures seulement. Il est possible, cependant, de déter-

miner avec une précision satisfaisante sa solubilité, qui est atteinte très rapidement. D'ailleurs, le passage réversible du tétrahydrate à l'hexahydrate en présence de solution est manifesté par un bon palier de température, facilement accessible, au moins au refroidissement (point I).

La formation du monohydrate est toujours précédée, au-dessus de 80°,4, de la formation du tétrahydrate, puis de celle du dihydrate, si la concentration initiale de la solution est suffisante. Le monohydrate apparaît toujours très rapidement, mais, même aux températures élevées, les équilibres qui lui correspondent ne s'établissent que très lentement. Cet hydrate subsiste facilement comme solide métastable, et se conserve plus ou moins longtemps, malgré agitation, jusqu'à 20° et même au delà. Un commencement de transformation en hexahydrate ou en heptahydrate se produit, mais elle se fait avec une lenteur extrême. Aucun effet thermique n'est appréciable.

Sous pression constante, la température d'ébullition de la solution saturée diminue lentement, puis se fixe pendant un quart d'heure environ, diminue à nouveau, reste fixe pendant un temps variant de 1 heure et demie à 2 heures et demie; elle diminue encore et s'établit à un troisième palier. Cette variation curieuse de la température d'ébullition correspond à la suite de transformations :

$$SO^4Co, 6H^2O \rightarrow SO^4Co, 4H^2O \rightarrow SO^4Co, 2H^2O \rightarrow SO^4Co, H^2O.$$

Les trois paliers de température obtenus successivement sont relatifs à l'ébullition de la solution saturée respectivement de tétrahydrate, de dihydrate et de monohydrate. Sous la pression atmosphérique normale, les températures de ces paliers sont : 103°,5, 102°,3, 101°,2. La température normale d'ébullition de la solution saturée de l'hexahydrate est 104°,5.

Les phénomènes rencontrés rappellent ceux qui se manifestent dans le système $SO^4Ni - H^2O$, mais dans le cas du sulfate de nickel [1] les équilibres métastables sont plus nombreux, et remarquablement tenaces.

---

(1) ANDRÉ CHRÉTIEN et RAYMOND ROHMER, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 92.

ACTINOMÉTRIE. — *Influence de la transparence de l'atmosphère sur les résultats fournis par la comparaison de deux pyrhéliomètres.* Note de MM. C.-E. **Brazier**, I. **Mašek** et R. **Guilhen**, présentée par M. Ch. Maurain.

La comparaison des valeurs de l'intensité de la radiation solaire déterminées simultanément au moyen du pyrhéliomètre Abbot n° 40 et du pyrhéliomètre Marvin n° 7, appartenant à l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris, met en évidence des discordances qui ne peuvent s'expliquer, toutes vérifications faites, par des erreurs de mesure ou des imperfections de l'étalonnage.

En vue de déterminer la cause à laquelle elles doivent être attribuées, nous avons effectué à l'aide de ces deux instruments 16 séries de mesures simultanées réparties sur l'été et l'automne 1932 et sur l'hiver 1932-1933. Si, pour chacune de ces séries, on forme le rapport moyen m/a des résultats obtenus avec le pyrhéliomètre Marvin m et le pyrhéliomètre Abbot a, on trouve que ce rapport varie d'une série à l'autre suivant les conditions atmosphériques et qu'il augmente quand on passe de la saison chaude à la saison froide. Sa valeur oscille, en été, autour de 0,96; en hiver, autour de 0,99.

Toutes les hypothèses invoquées pour rendre compte de ces faits s'étant montrées inacceptables, ce caractère saisonnier, joint à l'influence des conditions météorologiques nous a conduits à supposer que les variations du rapport m/a devaient être en relation avec celles de la transparence de l'atmosphère, m/a augmente en effet quand le ciel devient plus pur et l'on sait d'autre part que, par beau temps, sous le climat de Paris, la transparence atmosphérique est plus grande en hiver qu'en été ([1]). Nous avons donc adopté, comme mesure de cette transparence, le coefficient apparent de transparence, p, de la formule de Bouguer ([2]), calculé à partir des

---

([1]) C.-E. Brazier, *Études actinométriques* (*Ann. de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris*, 9, 1931, p. 112-136).

([2]) $I = I_0 p^\varepsilon$, dans laquelle I = intensité de la radiation solaire mesurée, I_0 = intensité de la radiation solaire à la limite supérieure de l'atmosphère, calculée en admettant pour la constante solaire la valeur 1,94, p = coefficient apparent de transparence, ε = épaisseur atmosphérique traversée par les rayons solaires, l'épaisseur atmosphérique au zénith étant prise comme unité.

résultats obtenus au moyen du pyrhéliomètre Abbot, et comparé les valeurs de ce coefficient aux valeurs correspondantes de m/a. Nous avons trouvé que, dans les limites entre lesquelles nous avons opéré, soit entre $p=0,60$ et $p=0,81$, les seize valeurs de m/a fournies par nos comparaisons se répartissent autour d'une droite $m/a=0,822+0,213\,p$ dont elles ne s'écartent pas de quantités supérieures aux erreurs de mesure.

Cette relation montre que les échelles des deux instruments que nous avons comparés, concordantes pour les valeurs de p comprises entre 0,83 et 0,84, s'écartent de 5 pour 100 lorsque p tombe à la valeur de 0,60. Ce résultat s'explique par l'action de la diffusion atmosphérique et les propriétés géométriques des tubes à diaphragmes dont sont munis les appareils pyrhéliométriques.

On sait en effet que l'atmosphère exerce sur la radiation solaire une action diffusante qui se traduit par un affaiblissement du rayonnement solaire et une brillance plus ou moins grande du ciel, qui atteint son maximum dans le voisinage immédiat du Soleil. Or tout pyrhéliomètre comporte un ensemble de diaphragmes destinés à délimiter le faisceau de radiations admis sur l'organe récepteur. Ce dispositif, s'il remplissait parfaitement son rôle, devrait éliminer d'une manière absolue le rayonnement diffusé par le ciel. Mais, en fait, cette élimination n'est rigoureusement réalisée que pour les rayons diffusés situés en dehors d'un cône dont l'ouverture β est donnée par la formule $\tang\beta=(b+c)/l$, b et c étant les diamètres des diaphragmes extrêmes et l la distance qui les sépare. Il en résulte qu'un pyrhéliomètre, au lieu de mesurer uniquement l'intensité de la radiation solaire, mesure en réalité la somme de deux quantités. L'une, I, est l'intensité de la radiation solaire directe qui devrait seule influencer le récepteur : elle a la même valeur pour tous les intruments observés au même instant en un même lieu. L'autre, i, correspond à l'intensité de la radiation diffusée qui parvient au récepteur : pour un même appareil, son rapport à I change avec les conditions atmosphériques et pour deux pyrhéliomètres observés simultanément au même endroit; elle n'a la même valeur que si leurs tubes à diaphragmes et la disposition de leurs organes récepteurs par rapport à ces derniers sont géométriquement semblables. Cette dernière condition n'étant pas réalisée par les pyrhéliomètres Abbot et Marvin, dont les ouvertures sont respectivement $\beta_a=20°,6$ et $\beta_m=16°$, il s'ensuit que le rapport m/a des indications du second à celles du premier doit être en fonction de la diffusion atmosphérique. Comme, d'autre part, le coefficient apparent de transparence varie en sens inverse de l'intensité

de la diffusion, il est facile de prévoir que, si i n'est pas négligeable devant I eu égard à la précision des procédés de mesure, le rapport m/a doit diminuer en même temps que p, prévision parfaitement d'accord avec les résultats que nous avons obtenus.

Nous n'insisterons pas pour l'instant sur toutes les conséquences qui découlent des considérations précédentes au point de vue de la mise en œuvre des observations pyrhéliométriques. Nous ferons simplement remarquer que les propriétés géométriques des tubes à diaphragmes imposent à la précision des résultats que fournissent ces observations une limite, variable avec l'instrument employé et les circonstances atmosphériques. Les nombres rapportés ci-dessus montrent que l'ordre de grandeur de cette limite est loin d'être négligeable et qu'il est indispensable d'en tenir compte si l'on ne veut pas se leurrer sur l'approximation que comportent les mesures de l'intensité de la radiation solaire.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Action de la cystéine sur la toxicité de l'antimoine.* Note de M. **Léon Launoy**, présentée par M. Delépine.

D'après Ehrlich [1] l'action parasiticide de composés chimiques de la forme R.AS = O, où R représente un radical aliphatique ou aromatique, résulterait d'une réaction chimique entre l'arsénoxyde AsO⟨ ⟩OH (NH²) et un constituant chimiquement défini du protoplasma. Pour Voegtlin et ses collaborateurs, ce constituant protoplasmique contiendrait du soufre, celui-ci étant sous la forme du radical sulfhydrile [2]. Cette dernière hypothèse trouve un appui dans les recherches déjà anciennes de Hefter et dans celles plus récentes de Hopkins. Le constituant cellulaire contenant du soufre sous forme de radical sulfhydrile est offert par le glutathion, tripeptide existant dans l'organisme et composé de cystéine, d'acide glutamique et de glycine comme l'ont vu Hopkins [3] et Kendall [4]. Les expériences de Voegtlin (*loc. cit.*) ont montré qu'en effet le glutathion se comportait comme un antitoxique de l'arsénoxyde. D'autres substances, la cystéine, le thioglycolate de sodium, l'acide thiolactique, la glycil-

(1) *Zeit. angew. Ch.*, 22, 1910, p. 2.

(2) *Public Health Reports.*, 38, 1923, p. 1882; *Journ. Ph. and Exp. Therap.*, 25, 1925, p. 297.

(3) *Journ. Biol. Chem.*, 84, 1929, p. 269.

(4) *Journ. Biol. Chem.*, 84, 1929, p. 657.

cystéine, l'acide thiosalicylique, sont également antagonistes de l'arsénoxyde, mais inférieurs au glutathion. Dans le glutathion, le radical SH serait donc un chémo-récepteur, dans le sens d'Ehrlich. Rappelons que le glutathion représente un important facteur d'où dépendent les phénomènes d'oxydo-réduction qui se passent dans l'intimité du protoplasma (1).

Ayant à notre disposition une certaine quantité de cystéine, nous avons recherché si ce composé possédait une action antagoniste contre la toxicité de l'antimoine, notre antimoine étant sous forme d'antimoine-III-thiomalate de lithium.

Dans ces recherches, nous avons d'abord déterminé la toxicité de la cystéine pour la souris de 20^g, l'injection étant faite par voie veineuse et la quantité de produit à injecter pour 20^g étant dissoute dans 1^{cm^3}.

Le Tableau I montre qu'une souris du poids donné supporte 30^{mg} de cystéine.

TABLEAU I.

Date de l'essai.	Dose en milligr.	Nombre de souris.	Survies.	Coefficients de survie.
28 août 1934	10	6	6	1
»	20	3	3	1
»	30	4	2	0,5
»	35	1	0	0
»	40	1	0	0
»	70	2	0	0

D'autre part, nous avons étudié la toxicité du Sb III thiomalate de lithium

$$\left[\begin{array}{l}LiO.CO.CH - S\\ \qquad\qquad\ |\\ LiO.CO.CH^2\end{array}\right]^3 Sb.9H^2O.$$

Nos résultats sont consignés dans le Tableau II ci-dessous.

TABLEAU II.

Date de l'essai.	Dose de Sb en 1/10e de milligramme.	Nombre de souris.	Survies.	Coefficients de survie.
21 août	4	10	10	1
21 »	5	10	9	0,9
21 »	6	10	7	0,7
24 »	7	10	4	0,4
4-6 sept	6,5	20	15	0,75
7-11 »	7,4-7,5	24	5	0,21
11 »	8,5	10	0	0
11-12 »	9,2	20	0	0

(1) *Bioch. Journ.*, 15, 1921, p. 286; *Journ. Biol. Chem.*, 54, 1922, p. 527.

Ce tableau montre que la dose d'antimoine supportée en injection intraveineuse, sous forme de thiomalate, par une souris de 20^{g}, varie entre 0^{g},0005 et 0^{g},00075. La dose permettant une survie d'environ 50 pour 100 étant comprise entre 0^{g},00065 et 0^{g},0007.

Avec le tableau ci-dessous, il est facile de tracer la courbe de survie, elle se présente comme une courbe en S, type courbe de Shackell.

Que devient la toxicité de l'antimoine thiomalate quand on injecte simultanément une dose sûrement mortelle d'antimoine et une dose de cystéine non toxique? Le Tableau III répond à cette question.

TABLEAU III.

Date de l'essai.	Sb en 1/10e milligramme.	Cystéine en milligrammes.	Nombre de souris.	Survies.	Coefficients de survie.
4 sept...	6,5	10	10	10	1
6 » ..	6,5	5	10	9	0,9
11 » ..	7,5	5	15	15	1
11 » ..	8,5	5	15	13	0,86
11-12 » ..	9,2	5	19	17	0,89
13 » ..	11	5	15	4	0,26
12 » ..	14	5	15	1	0,066

La comparaison des Tableaux II et III prouve d'une façon nette l'action désintoxicante de la cystéine pour l'antimoine.

Conclusion. — Étant donné la résistance propre de la souris à l'antimoine, on peut dire, d'après les tableaux ci-dessus, qu'un milligramme de cystéine est capable de s'opposer à l'action toxique d'un dixième de milligramme d'antimoine environ, ce dernier étant ici sous forme de thiomalate, et les deux produits étant injectés *simultanément*.

La séance est levée à 15^{h}55^{m}.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 OCTOBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES MÉCANISMES. — *Singulière hérésie traditionnelle concernant la théorie de la vis sans fin.* Note de M. **Maurice d'Ocagne.**

En vue d'une transmission de rotation, avec rapport constant des vitesses, entre deux axes rectangulaires non concourants X et X_1, un dispositif classique est constitué par la *vis sans fin* qui peut, schématiquement, être réduite à ceci : à l'axe X est liée une développante C d'un cercle Γ appartenant au plan Π mené par X_1 perpendiculairement à X; à l'axe X_1 est liée, d'autre part, une surface de vis à filet carré S_1 dont, à chaque instant, une génératrice C_1 est en contact avec C en un point I de la tangente au cercle Γ parallèle à X_1.

Mais, pour réaliser matériellement ce dispositif théorique, il faut que la développante C soit découpée dans une surface S dont le plan tangent en I contienne la tangente à l'hélice située sur la surface de vis S_1. Or l'angle de cette tangente avec le plan Π est constant; la surface S doit donc être telle que tous ses plans tangents le long de C fassent cet angle constant avec le plan Π; l'enveloppe de ces plans tangents n'est autre que la surface d'égale pente, relativement à Π, qui admet C pour base; on sait que cette surface d'égale pente est un hélicoïde développable ayant pour noyau le cylindre de révolution dont le cercle Γ est la section droite.

On est ainsi tout naturellement conduit à prendre pour surface S cet hélicoïde développable lui-même, et telle est la solution qui, traditionnellement, figure dans tous les traités de mécanique ou de théorie des mécanismes.

Or deux de mes élèves de l'École Polytechnique, MM. Escourrou et Herzog, devant qui, dans mon cours, j'ai exposé cette solution classique, ont eu la curiosité d'étudier de près la position relative des surfaces S et S_1 ci-dessus définies, aux abords du point I, et ont été ainsi amenés à reconnaître que ces surfaces, bien qu'ayant même plan tangent en ce point I, n'y présentent pas un simple contact ponctuel, mais se coupent suivant une courbe réelle. En d'autres termes, le point I n'est pas, comme on se l'était figuré jusqu'ici, un point isolé de leur intersection.

M. Herzog a pris la peine de vérifier graphiquement le fait en exécutant avec beaucoup de soin l'épure de l'intersection de l'hélicoïde développable S et de la surface de vis S_1, et M. Escourrou en a donné la raison : les indicatrices en I sont, pour S_1, une hyperbole équilatère dont une des asymptotes est la génératrice de S passant par ce point; pour S, deux droites parallèles à cette génératrice qui coupent nécessairement l'hyperbole en des points réels, ce qui entraîne la réalité des tangentes en I à l'intersection des deux surfaces.

En résumé, la vis sans fin, telle que, traditionnellement, elle est partout décrite, ne pourrait pas fonctionner. Pour qu'il y ait possibilité de mouvement relatif entre la surface de vis S_1 et la surface S, il faut que celle-ci soit non pas l'hélicoïde développable de base C, mais une surface inscrite dans cet hélicoïde le long de C et choisie de telle sorte qu'en I elle ait, avec S_1, un point de contact isolé, c'est-à-dire qu'en ce point les tangentes à l'intersection des deux surfaces soient imaginaires.

Cette remarque, d'un très grand intérêt théorique, n'a pas la même importance au point de vue pratique, attendu que, pour réaliser effectivement une transmission de rotation de ce genre, on a couramment recours à l'engrenage dit *vis tangente*, dans lequel le contact entre les dents est linéaire et non simplement ponctuel comme dans la vis sans fin. Conformément à la théorie générale, les dents liées à l'axe X sont alors constituées au moyen de la surface enveloppe de la surface de vis S_1 dans son mouvement relatif par rapport à l'axe X supposé fixe. En pratique, la taille de ces dents s'opère d'ailleurs mécaniquement.

NOMINATIONS.

M. **René Maire** est désigné pour représenter l'Académie au *Sixième Congrès international de Botanique*, qui aura lieu à Amsterdam en 1935.

CORRESPONDANCE.

L'**Academia nacional de Ciencias Antonio Alzate** annonce qu'elle célèbre le cinquantième anniversaire de sa fondation. Un télégramme de félicitations lui a été adressé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Silver Jubilee *Commemoration Volume. Journal*, vol. XX, 1933. Published by The Indian Mathematical Society.

2° *The British Pharmaceutical Codex*, 1934.

3° P. V. Melentiev. *Nomographie* (en langue russe). (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

ALGÈBRE. — *Sur quelques limitations pour les modules des zéros des polynomes*. Note de M. **Paul Montel**.

1. Lorsqu'on fixe les valeurs de $p+1$ coefficients convenablement choisis d'un polynome, les modules de p zéros de ce polynome sont bornés, quelles que soient les valeurs des autres coefficients, par un nombre dépendant seulement des coefficients fixés et du nombre des termes qui figurent effectivement dans ce polynome, mais non de son degré (¹). Lorsque le polynome n'a pas de lacune, le nombre des termes est égal au degré n

(¹) *Ann. scient. de l'École Normale supérieure*, 3e série, 40, 1923, p. 1-34.

augmenté d'une unité et la borne dépend du degré. Au lieu de fixer $p+1$ coefficients, on peut se donner les valeurs du polynome et de certaines de ses dérivées en des points fixes de manière à obtenir $p+1$ conditions déterminant un polynome unique de degré p.

La détermination de la limite exacte est en général difficile. Elle a fait l'objet de travaux dus à MM. Van Vleck, Biernacki, Dieudonné, etc., en particulier pour le cas des polynomes complets ([1]).

Je me propose de montrer que la plupart des règles donnant, en fonction des coefficients, une limite supérieure des modules de tous les zéros d'un polynome peuvent être étendues de manière à donner une limite supérieure de $p<n$ zéros en fonction du degré n et de $p+1$ coefficients ou, plus généralement, de $p+1$ paramètres.

2. Soit M_p le plus grand des modules des coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_{p-1}$ du polynome

$$P(x)=a_0+a_1x+\ldots+a_{p-1}x^{p-1}+\ldots+x^n,$$

dans lequel le coefficient a_n de x^n est égal à *un*. Désignons par q le nombre $n-p+1$: on peut établir le théorème :

Le polynome $P(x)$ *a au moins* p *zéros dont les modules sont inférieurs à*

$$1+\sqrt[q]{M_p}.$$

Pour $p=n$, on retrouve une règle classique. On en déduit que le polynome $P(x)$ a au moins p zéros dont les modules sont inférieurs à

$$2\,\mathrm{Max}\sqrt[n-k]{|a_k|} \qquad [k=0,\ 1,\ \ldots,\ (p-1)].$$

M. D. Birkhoff a donné une expression analogue pour le cas où $p=n$. Le facteur 2 est remplacé par le nombre $1/\sqrt[n]{2}-1$ qui est supérieur.

On peut adopter aussi comme limite supérieure la racine supérieure à l'unité de l'équation

$$x^p(x-1)^q-M_p(x^p-1)=0,$$

qui, pour $p=n$, se réduit à l'équation de Lagrange. Cette racine est inférieure à $1+\sqrt[q]{M_p}$. Enfin, la racine positive de l'équation

$$x^n-C^0_{q-1}|a_{p-1}|x^{p-1}-C^1_q|a_{p-2}|x^{p-2}-\ldots-C^{p-1}_{n-1}|a_0|=0,$$

([1]) VAN VLECK, *Bulletin de la Soc. math. de France*, 53, 1925, p. 105; BIERNACKI, *Bulletin de l'Acad. polonaise des Sciences et des Lettres*, série A, 1927, p. 541; DIEUDONNÉ, *Ann. scient. de l'École Normale supérieure*, 3e série, 48, 1931, p. 247.

dans laquelle les facteurs numériques sont les coefficients du binome, donne une limite supérieure en fonction des modules des p premiers coefficients.

3. Considérons maintenant le polynome

$$Q(x)=a_0+a_1x+\ldots+a_{p-1}x^{p-1}+x^p+\ldots+a_nx^n,$$

dans lequel les coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_{p-1}, a_p$ sont fixés, le dernier étant égal à l'unité. On obtient la proposition suivante :

Le polynome $Q(x)$ *a au moins* p *zéros dont les modules sont inférieurs à*

$$\rho(M_p)=\frac{1}{1-\sqrt[q]{\dfrac{M_p}{1+M_p}}}.$$

Cette limite croît avec M_p et avec n. Elle croît indéfiniment avec le degré n: on vérifie aisément que cette condition est nécessaire; l'ordre de croissance par rapport à n est d'ailleurs égal à l'unité.

La méthode conduit aussi à prendre comme limite supérieure la racine supérieure à l'unité de l'équation

$$x^{p-q+1}(x-1)^q-\frac{M_p}{1+M_p}(x^p-1)=0.$$

Cette racine est inférieure à $\rho(M_p)$. Enfin, la racine positive de l'équation

$$x^p-C_q^1|a_{p-1}|x^{p-1}-C_{q+1}^2|a_{p-2}|x^{p-2}-\ldots-C_n^p|a_0|=0$$

donne une limite supérieure en fonction des modules des p premiers coefficients. Cette équation a aussi été obtenue par M. Van Vleck.

4. Considérons encore le polynome

$$R(x)=a_0+a_1x+\ldots+a_{p-1}x^{p-1}+\ldots+x^{p+h}+\ldots+a_nx^n,$$

dans lequel les coefficients $a_0, a_1 \ldots, a_{p-1}, a_{p+h}$ sont fixés, le dernier étant égal à l'unité; h est compris entre zéro et $n-p$.

Le polynome $R(x)$ *a au moins* p *zéros dont les modules ne dépassent pas le plus grand des deux nombres* $\rho(1)$ *et* $\rho(M_p)$.

Ici encore, on peut donner des limites plus précises au moyen d'équations algébriques dont les coefficients dépendent soit de M_p seul, soit des modules des $p-1$ premiers coefficients du polynome.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'étude purement géométrique du complexe de Painvin.* Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. d'Ocagne.

La notion, en somme purement géométrique, de moment d'inertie, ne semble avoir été jusqu'ici utilisée qu'en mécanique, mais elle peut intervenir efficacement dans le domaine même de la géométrie, ainsi que l'atteste un Mémoire que je publierai prochainement.

Dans ce Mémoire j'étudie le complexe de Painvin par voie purement géométrique en le considérant comme le complexe des droites de rayon de gyration donné. Voici les principaux résultats auxquels j'ai été conduit :

La courbe du complexe d'un plan P est la projection orthogonale sur ce plan du contour apparent d'une quadrique associée au plan, et homofocale de la quadrique qui définit le complexe.

Le cône du complexe d'un point π est le cône supplémentaire du cône circonscrit à une quadrique associée au point, appartenant à la même famille homofocale.

Le complexe n'est pas tétraédral parce qu'il n'existe pas en général de points où l'ellipsoïde d'inertie soit une sphère.

La surface des singularités est l'enveloppe du plan tel que la quadrique associée possède deux génératrices normales à ce plan et dont les traces sont la conique dégénérée du complexe; ou bien, c'est le lieu du point tel qu'il se trouve sur la quadrique qui lui est associée; le cône du complexe se décompose en les deux plans normaux aux génératrices de cette quadrique associée.

Les points doubles sont sur les focales, les plans doubles perpendiculaires aux asymptotes de ces focales.

La surface des singularités Ω, qui est une surface de l'onde de Fresnel quand la quadrique donnée pour définir le complexe est un ellipsoïde, est le lieu des points tels que deux des quadriques homofocales qui y passent correspondent à deux valeurs du paramètre égales et de signes contraires.

Une représentation paramétrique simple de la surface s'en déduit à partir des coordonnées elliptiques d'un point de l'espace, elle est de la forme :

$$x=\sqrt{\frac{(a^2-\lambda)(a-\mu)}{(a-b)(a-c)}},\qquad y=\sqrt{\frac{(b^2-\lambda)(b-\mu)}{(b-c)(b-a)}},\qquad z=\sqrt{\frac{(c^2-\lambda)(c-\mu)}{(c-a)(c-b)}}.$$

On voit sur ces expressions que la surface Ω dérive d'un paraboloïde

hyperbolique par la transformation

$$X = x^2 \quad Y = y^2 \quad Z = z^2.$$

Certains plans tangents à ce paraboloïde et dépendant d'un paramètre correspondent aux quadriques homofocales; par suite toute quadrique homofocale coupe la surfaee Ω suivant deux biquadratiques gauches; elle touche donc cette surface en huit points.

Le lieu de ces points de contact est une courbe du douzième ordre, transformée d'une cubique gauche tracée sur le paraboloïde.

En constatant qu'à toute quadrique homofocale correspond une surface Ω on arrive à définir un système triple de surfaces Ω passant par un point quelconque de l'espace. Si t_1, t_2, t_3 sont les valeurs du paramètre qui définissent les trois quadriques homofocales passant par le point considéré, les surfaces Ω cherchées correspondent aux quadriques définies par les valeurs

$$T_1 = \frac{t_2 + t_3}{2}, \quad T_2 = \frac{t_3 + t_1}{2}, \quad T_3 = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

de ce paramètre. Le trièdre des trois plans tangents s'obtient très simplement à partir des plans formés par chacune des trois normales aux quadriques homofocales, associée à la droite qui joint l'origine au point considéré.

Enfin les complexes de Painvin relatifs aux quadriques d'un faisceau tangentiel font partie d'un faisceau linéaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes analogues au théorème de Rolle, liés à certaines équations linéaires aux dérivées partielles.* Note de M. **G. Pólya**, présentée par M. Hadamard.

Certaines propriétés qualitatives, en partie très familières, des opérations différentielles les plus usuelles, présentent entre elles une analogie de nature élémentaire qui me paraît nouvelle, en tout cas peu connue. Pour l'esquisser, je considère les trois opérations différentielles suivantes :

(1) $$D = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2},$$

(2) $$D = \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2},$$

(3) $$D = \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial}{\partial y}.$$

A chacune de ces opérations, j'associe une *région fondamentale* et une *condition complémentaire*

$$(4) \qquad Cu = 0.$$

Lorsqu'il s'agit de (1), la condition (4) signifie que la fonction u s'annule le long d'une courbe fermée $\mathcal{L}$ sans point double et par région fondamentale j'entends la région limitée par $\mathcal{L}$. Lorsqu'il s'agit de (2), la région fondamentale est un rectangle fermé $\mathcal{R}$ dont les côtés sont parallèles aux bissectrices des axes et la condition (4) signifie que la fonction u ainsi que sa dérivée normale s'annulent le long d'un arc qui est situé dans le rectangle $\mathcal{R}$, en relie deux sommets opposés et n'a de tangente parallèle à aucun des côtés. Pour (3), la condition (4) demande que u s'annule le long d'un arc $\mathcal{A}$ sans point double qui relie les deux points $(x_1, 0)$ et $(x_2, 0)$ en passant au-dessous de l'axe des x; la région fondamentale est limitée par la courbe fermée qu'on obtient en complétant $\mathcal{A}$ par le segment de l'axe des x qui joint ses extrémités. Par l'équation $Cu = Cv$ j'entends $C(u-v) = 0$. Enfin je désigne par $f(x, y)$ une fonction qui est continue dans la région fondamentale ainsi que celle de ses dérivées partielles qui interviennent dans la formation de D. Pour les opérations (1), (2), (3) et les régions et conditions associées, ainsi que pour quelques autres cas, on peut démontrer les deux théorèmes suivants, dont le premier est analogue au théorème de Rolle et le second à la formule des accroissements finis :

I. *Si* $Cf(x, y) = 0$ *et si, outre cela,* $f(x, y)$ *s'annule en un point de la région fondamentale qui n'est pas situé sur la courbe (ou système de courbes) figurant dans la condition* (4), *il existe un point* (ξ, η) *intérieur à la région fondamentale et tel que* $Df(\xi, \eta) = 0$.

II. *Si* $f(x, y)$ *est donnée, et si l'on a deux fonctions* $H(x, y)$ *et* $N(x, y)$ *satisfaisant aux conditions*

$$CH(x, y) = Cf(x, y), \qquad DH(x, y) = 0,$$
$$CN(x, y) = 0, \qquad DN(x, y) = 1,$$

on peut faire correspondre à un point (x, y) *quelconque de la région fondamentale un point* (ξ, η) *intérieur à cette région tel que*

$$f(x, y) = H(x, y) + N(x, y)\, Df(\xi, \eta).$$

Pour bien comprendre ces théorèmes, considérons le cas où la région fondamentale est un rectangle dont les côtés sont parallèles aux axes et où

la condition (4) consiste en ce que

$$u = \frac{\partial u}{\partial x} = \ldots = \frac{\partial^{n-1} u}{\partial x^{n-1}} = 0,$$

le long du segment suivant lequel la droite $x = a$ coupe la région fondamentale; admettons enfin que f est indépendante de y. Alors on a

$$H = f(a) + \frac{f'(a)(x-a)}{1!} + \ldots + \frac{f^{(n-1)}(a)(x-a)^{n-1}}{(n-1)!}, \qquad N = \frac{(x-a)^n}{n!}$$

et la formule du théorème II se réduit à celle de Taylor, avec la forme du reste donnée par Lagrange, donc, dans le cas $n = 1$, à la formule des accroissements finis [1].

Dans les cas considérés jusqu'ici, l'opération D et la condition complémentaire C sont telles que le problème

$$(5) \qquad Du = 0, \qquad Cu = Cg$$

(u est l'inconnue, g est donnée) soit « bien posé »; c'est-à-dire qu'il existe, dans la région fondamentale, une fonction u qui remplit (5) et qu'il n'en existe qu'une. Outre ceux considérés ici, il y a plusieurs problèmes bien posés sur les équations linéaires aux dérivées partielles auxquels correspond un théorème de Rolle, mais il peut aussi arriver que le théorème I ne soit pas juste pour une opération D, une condition complémentaire C et une région fondamentale, dont l'ensemble constitue un problème bien posé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le calcul symbolique à deux variables.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

On sait que le calcul symbolique d'Heaviside permet d'établir, d'une façon élégante et rapide, les propriétés d'un grand nombre de fonctions, en particulier des fonctions hypergéométriques et analogues [2].

Ce procédé peut s'étendre à des fonctions de deux variables, de la

---

(1) Pour le cas des équations différentielles ordinaires, voir les travaux précédents de l'auteur (*Transactions of the Amer. Math. Soc.*, **24**, 1922, p. 312, et *Zeitschrift f. angew. Math. u. Mechanik*, **11**, 1931, p. 445).

(2) Cf. Pierre Humbert, *Le calcul symbolique* (*Actualités scientifiques*, n° **147**, 1934); *Ann. Soc. scient. Bruxelles*, **53**, 1933, p. 103.

manière suivante : à une fonction $h(x, y)$ nous ferons correspondre une fonction $f(p, q)$ par la formule

$$f(p, q) = pq\int_0^\infty \int_0^\infty e^{-px-qy} h(x, y)\, dx\, dy,$$

en admettant que l'intégrale double ait un sens. La fonction $f(p, q)$ sera dite l'*image* de $h(x, y)$, et l'on écrira symboliquement

$$f(p, q) \doteqdot h(x, y).$$

La plupart des règles du calcul symbolique ordinaire s'étendent à ce calcul à deux variables; on aura, par exemple,

$$pf(p, q) \doteqdot \frac{\partial h(x, y)}{\partial x}.$$

Si $h(o, y) = o$, et, si

$$f_1(p, q) \doteqdot h_1(x, y) \qquad \text{et} \qquad f_2(p, q) \doteqdot h_2(x, y),$$

on aura

$$\frac{1}{pq} f_1(p, q) f_2(p, q) \doteqdot \int_0^x \int_0^y h_1(x-u, y-v)\, h_2(u, v)\, du\, dv.$$

On a la correspondance suivante :

$$x^m y^n \doteqdot \frac{m!\,n!}{p^m q^n},$$

m et n étant positifs.

Par application de la formule du binome, on en tirera aisément le résultat suivant :

$$(x+y)^m \doteqdot \frac{m!}{p^m q^m} \frac{q^{m+1} - p^{m+1}}{q - p}.$$

Supposons que $f(p)$ soit l'image d'une fonction $h(x)$ développable en série entière en x,

$$h(x) = \sum_0^\infty A_m x^m;$$

on aura alors

$$f(p) = \sum \frac{m!\, A_m}{p^m}.$$

Cherchons l'image de $h(x+y)$. Comme

$$h(x+y) = \sum A_m (x+y)^m,$$

on aura, d'après ce qui précède,

$$h(x+y) \doteq \sum \frac{m!\,A_m}{p^m q^m}\,\frac{q^{m+1}-p^{m+1}}{q-p} = \frac{q}{q-p}\sum \frac{m!\,A_m}{p^m} - \frac{p}{q-p}\sum \frac{m!\,A_m}{q^m},$$

donc

$$h(x+y) \doteq \frac{q\,f(p)-p\,f(q)}{q-p}.$$

Le calcul symbolique à deux variables s'applique avec fruit aux fonctions hypergéométriques de deux variables, d'Appell ou de M. Kampé de Fériet. On aura, par exemple, la correspondance suivante (¹):

$$F\left(\begin{array}{c|c} \mu & \alpha, \ldots \\ \nu & \beta, \beta', \ldots \\ \rho & \gamma, \ldots \\ \sigma & \delta, \delta', \ldots \end{array}\ \frac{1}{p}, \frac{1}{q}\right) \doteq F\left(\begin{array}{c|c} \mu & \alpha, \ldots \\ \nu & \beta, \beta', \ldots \\ \rho & \gamma, \ldots \\ \sigma+1 & 1, 1;\ \delta, \delta', \ldots \end{array}\ x, y\right).$$

Comme application, soit la fonction

$$F\left(\begin{array}{c|c} 1 & \alpha \\ 1 & 1, 1 \\ 1 & \gamma \\ 1 & 1, 1 \end{array}\ x, y\right),$$

qui se réduit à la fonction de Kummer $\Phi(\alpha;\gamma;x+y)$: son image est

$$F\left(\begin{array}{c|c} 1 & \alpha \\ 1 & 1, 1 \\ 1 & \gamma \\ 0 & \end{array}\ \frac{1}{p}, \frac{1}{q}\right),$$

c'est-à-dire la fonction d'Appell

$$F_1\left(\alpha; 1, 1; \gamma; \frac{1}{p}, \frac{1}{q}\right).$$

Par ailleurs, comme l'image (à une variable) de $\Phi(\alpha;\gamma;x)$ est la fonction de Gauss $F(\alpha, 1;\gamma; 1/p)$, on a, comme nous l'avons établi plus haut,

$$\Phi(\alpha;\gamma;x+y) \doteq \frac{q\,F\left(\alpha, 1;\gamma;\frac{1}{p}\right) - p\,F\left(\alpha, 1;\gamma;\frac{1}{q}\right)}{q-p},$$

d'où, en comparant les deux résultats, et changeant les notations pour les

(¹) Notations de M. Kampé de Fériet. Cf. Appell et Kampé de Fériet, *Fonctions hypergéométriques et hypersphériques*, Paris, 1926, p. 150.

variables,

$$F_1(\alpha; 1, 1; x, y) = \frac{xF(\alpha, 1; \gamma; x) - yF(\alpha, 1; \gamma; y)}{x-y},$$

formule de réduction pour la fonction F_1, qui paraît nouvelle. Nous indiquerons, dans un autre recueil, un certain nombre de résultats obtenus par le même procédé.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries de fonctions harmoniques.* Note [1] de M. **Alexandre Ghika**.

Soit dans l'espace euclidien à k dimensions ($k \geqq 2$) un domaine simplement connexe D, limité par une frontière C, admettant un champ continu de normales.

Enfin soit $p_n(Q)$ ($n = 0, 1, 2, \ldots +\infty$) une suite contenant tous les polynomes harmoniques homogènes (relativement aux coordonnées cartésiennes orthogonales du point Q) linéairement indépendants et qui s'annulent, sauf le premier, en un point P_0, intérieur à D.

En orthogonalisant et normalisant cette suite, relativement à C, on obtient un système de polynomes harmoniques $\varphi_n(Q)$ orthogonal et normal le long de C, c'est-à-dire vérifiant les conditions

$$\int_C \varphi_n(Q)\varphi_m(Q)\,ds_Q = \begin{cases} 1 & (n=m), \\ 0 & (n \neq m). \end{cases}$$

A l'aide de la dérivée $dG(Q, P)/d\nu_Q$, prise suivant la normale intérieure ν à C de la fonction de Green, relative à C, nous avons déduit que la série $\sum_{n=0}^{+\infty} [\varphi_n(P)]^2$ est uniformément convergente dans tout domaine complètement intérieur à D.

Ensuite nous avons montré que *toute fonction u, harmonique dans le domaine fermé* D *et à son voisinage extérieur, est de la forme*

$$u(P) = \sum_{n=0}^{+\infty} u_n \varphi_n(P) \quad \textit{avec} \quad u_n = \int_C u(Q)\varphi_n(Q)\,ds_Q,$$

la série étant convergente en moyenne du second ordre, le long de C, *et absolument et uniformément dans tout domaine complètement intérieur à* D.

---

[1] Séance du 17 septembre 1934.

En particulier si $k=3$ et si C se réduit à une sphère de centre P_0, les polynomes $\varphi_n(Q)$ sont identiques, le long de C, aux fonctions de Laplace.

Dans le cas $k=2$ on peut affirmer beaucoup plus, *le système* $\varphi_n(Q)$ *étant complet*. Il en résulte que

$$\frac{dG(Q, P)}{d\nu_Q} \sim \sum_{n=0}^{+\infty} \varphi_n(Q)\varphi_n(P),$$

et que *la solution du problème classique de Dirichlet*, relative à une fonction continue donnée $f(Q)$, *est de la forme*

$$u(P)=\sum_{n=0}^{+\infty} f_n\varphi_n(P) \qquad \text{avec} \qquad f_n=\int_C f(Q)\,\varphi_n(Q)\,ds_Q.$$

Enfin nous avons généralisé cette méthode à des domaines multiplement connexes, ayant des frontières de même nature que C (C_0 frontière extérieure, C_1, C_2, ..., C_r frontières intérieures et C frontière totale) en utilisant, cette fois, à la place de la suite $p_n(Q)$, une suite multiple formée de polynomes harmoniques homogènes $p_{0n}(Q)$, relatifs à C_0, et des fonctions harmoniques $q_{in}(Q)$ obtenues, dans le cas $k=2$, par la transformation

$$q_{in}(Q)=p_{in}\left(\frac{x-a}{\overline{P_iQ}^2}, \frac{y-b}{\overline{P_iQ}^2}\right) \qquad [Q(x, y)],$$

$p_{in}(x, y)$ étant un polynome harmonique homogène et $P_i(a, b)$ un point intérieur à C_i et dans le cas $k>2$, par la transformation de Lord Kelvin généralisée

$$q_{in}(Q)=\frac{1}{P_iQ}p_{in}\left(\frac{x-a}{\overline{P_iQ}^2}, \frac{y-b}{\overline{P_iQ}^2}, \frac{z-c}{\overline{P_iQ}^2}, \dots\right) \qquad [Q(x, y, z, \dots)],$$

$p_{in}(x, y, z, \dots)$ étant un polynome harmonique homogène et $P_i(a, b, c, \dots)$ un point intérieur à C_i.

En orthogonalisant et normalisant cette suite, mise sous la forme d'une suite simple, on obtient un système de fonctions harmoniques $\varphi_n(Q)$, orthogonal et normal le long de C. Comme précédemment, nous avons montré que *toute fonction u, harmonique dans le domaine fermé* D *et à son voisinage extérieur, est de la forme*

$$u(P)=\sum_{n=0}^{+\infty} u_n\varphi_n(Q),$$

la série étant convergente en moyenne du deuxième ordre, le long de C, et absolument et uniformément dans tout domaine complètement intérieur à D.

De même nous avons obtenu une proposition semblable pour les fonctions harmoniques régulières à l'infini, relativement à des domaines multiplement connexes contenant l'infini.

Ce mode de développement est très simple, car dans le cas $k=2$ les fonctions $\varphi_n(Q)$ sont des *fractions rationnelles harmoniques* et dans le cas $k>2$ les fonctions

$$\overline{P_1Q}\times\overline{P_2Q}\times\ldots\times\overline{P_rQ}\times\varphi_n(Q)$$

sont des *fractions rationnelles*.

Cette proposition est tout à fait analogue à une proposition [1] que nous avons obtenue relativement aux fonctions holomorphes sur un domaine multiplement connexe.

L'harmonicité apparaît donc comme un type de monogénéité, définie dans le champ réel à k dimensions, encore mieux apparenté à l'analyticité dans le champ complexe.

HYDRODYNAMIQUE. — *Le mouvement du fluide parfait autour d'un contour déformable.* Note de M. **Michel Luntz**, présentée par M. Henri Villat.

Soit

$$z=p(t)+Z+\sum_{n=1}^{\infty}b_n(t)\left(\frac{a}{Z}\right)^n \tag{1}$$

la représentation conforme amenant un certain contour déformable Γ, situé dans le plan de la variable z, sur le cercle C de rayon $a(t)$, situé dans le plan Z; l'extérieur du contour Γ correspondra alors à l'extérieur du cercle C; de plus on aura à l'infini l'égalité de vitesses dans les deux plans.

Soit z_Γ l'affixe d'un point du contour Γ qui, à l'instant t, correspond au point $Z_c=a(t)e^{i\theta}$ du cercle C.

Supposons que θ reste constant. Le point z_Γ aura à l'instant $t+dt$ un certain affixe $z_\Gamma+(\partial z_\Gamma/\partial t)\,dt$, avec

$$\frac{\partial z_\Gamma}{\partial t}=\frac{dp}{dt}+\frac{da}{dt}e^{i\theta}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{db_n}{dt}e^{-in\theta}. \tag{2}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1808.

Une particule du fluide, se trouvant à l'instant t au point z_Γ, se trouvera encore à l'instant $t + dt$ en contact avec le contour Γ. Son déplacement se compose donc de deux déplacements élémentaires :

1° le déplacement dû à la déformation du contour Γ et qui est $(\partial z_\Gamma/\partial t)\,dt$;

2° le glissement le long du contour déformé et qui est $k\,dz_\Gamma$, k étant une quantité réelle et dz_Γ étant l'arc élémentaire de Γ.

Soit $f(z)$ le potentiel complexe. Posons

$$(3)\qquad f(z) = \varphi + i\psi = \mathrm{F}(\mathrm{Z}) = \mathrm{B}_0(t)\,\mathrm{Z} + p(t)\log\left(\frac{\mathrm{Z}}{a}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} \mathrm{B}_n(t)\left(\frac{a}{\mathrm{Z}}\right)^n.$$

Nous avons le long de Γ

$$(4)\qquad \left(\frac{df}{dz}\right)^*_\Gamma dt = \frac{\partial z_\Gamma}{\partial t}\,dt + k\,dz_\Gamma, \qquad \left(\frac{df}{dz}\right)_\Gamma = \frac{\partial z^*_\Gamma}{\partial t}\,dt + k\,dz^*_\Gamma,$$

l'astérisque désigne ici les quantités complexes conjuguées.

Il résulte, des équations (3) et (4), qu'on a le long de Γ

$$(5)\qquad 2i\,d\psi_\Gamma = df_\Gamma - df^*_\Gamma = \frac{\partial z^*_\Gamma}{\partial t}\,dz_\Gamma - \frac{\partial z_\Gamma}{\partial t}\,dz^*_\Gamma.$$

Nous connaissons ainsi la valeur de la dérivée de la partie imaginaire du potentiel F(Z), le long du contour Γ.

En résolvant alors le problème de Dirichlet, nous trouvons sur Γ et à son extérieur

$$(6)\qquad \mathrm{F}(\mathrm{Z}) = \frac{dp}{dt}\,\mathrm{Z} + \left(\frac{1}{2\pi}\frac{d\sigma}{dt} + ih\right)\log\left(\frac{\mathrm{Z}}{a}\right) + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{a}{\mathrm{Z}}\right)^n\left[-\frac{a}{n}\frac{db_{n-1}}{dt} + \sum_{k=1}^{\infty}\left(\frac{k+n}{n}b_{k+n}\frac{db^*_k}{dt} + \frac{k}{n}b^*_k\frac{db_{k+n}}{dt}\right)\right],$$

où σ est l'aire du contour Γ et h un paramètre réel arbitraire.

Le potentiel est donc en général une fonction non uniforme. Pour la rendre uniforme, il faut d'abord que h soit nul (h correspond à la circulation autour de Γ), il faut ensuite que $1/2\pi\,d\sigma/dt$ soit nul. Cette dernière condition, qui est la généralisation de la disparition de la source, dans le cas des profils rigides, signifie que la surface du contour Γ doit rester constante.

On obtient ainsi, pour le potentiel uniforme, la condition supplémentaire

$$(7)\qquad a^2 = \frac{\sigma}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} n b_n b^*_n, \qquad \text{avec } \sigma = \text{const.}$$

Le potentiel $F(Z)$ est le plus général que l'on peut avoir dans un fluide parfait indéfini et pour un contour de connexion simple.

On peut traiter comme cas particulier le mouvement composé de la rotation de Γ autour de l'origine avec une vitesse angulaire ω et de la translation de Γ avec une vitesse U. Il suffit, en effet, de poser

$$\frac{dp}{dt} = U, \qquad \frac{da}{dt} = 0, \qquad b_n(t) = b_n^0 e^{i(n+1)\lambda}, \qquad \frac{d\lambda}{dt} = \omega. \tag{8}$$

Ce sont les conditions pour que la déformation se transforme en le mouvement décrit.

On obtient alors pour le potentiel complexe l'expression suivante

$$F(Z) = UZ + ih \log\left(\frac{Z}{a}\right) - i\omega \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{a}{Z}\right)^n \left(a b_{n-1} + \sum_{k=1}^{\infty} b_k^{\star} b_{k+n}\right) \tag{9}$$

avec $b_0 = 0$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un redresseur à gaz ionisé pour courants alternatifs de moyenne tension dans le champ magnétique.* Note de M. **Théodore Ionescu** et Mlle **Ionica Cerkez**, présentée par M. A. Cotton.

Il existe actuellement de nombreux procédés pour redresser le courant alternatif [1]. Celui que nous allons décrire est basé sur l'observation suivante [2]. Entre deux cylindres coaxiaux ayant une longueur de 5^{cm} et un diamètre compris entre 0,5 et 5^{cm}, enfermés dans une ampoule de verre remplie d'hydrogène à basse pression, passe une décharge électrique sous une différence de potentiel de 350 volts. Si le cylindre extérieur se trouve à un potentiel négatif par rapport au cylindre intérieur et si l'on applique un champ magnétique d'une trentaine de gauss parallèle aux axes des cylindres le courant passe de 5 à 250 mA. Par contre si le potentiel du cylindre extérieur est positif, le courant garde la même intensité, égale à 2,5 mA., jusqu'à ce que le champ magnétique dépasse 50 gauss.

Ces ampoules permettent d'employer des montages variés pour redresser le courant. Celui que nous avons employé est représenté ci-contre.

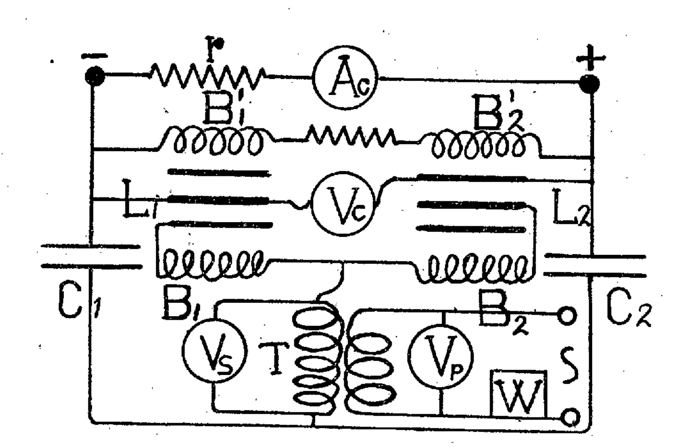
---

(1) L. B. W. Jolley, *Alternating current rectification*, London.

(2) Th. V. Ionescu et Mlle J. Cerkez, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1482.

Deux ampoules L_1 et L_2 sont mises en communication au moyen d'un tube de verre de 40^{cm} de longueur et 2^{mm} de diamètre. Les tubes peuvent être séparés par un robinet. Ils sont également mis en communication avec une pompe à vide.

Le transformateur T donne une tension de 1750 volts (V_s) dans le secondaire, pour une tension de 220 volts (V_p) dans le primaire.



L'énergie empruntée au réseau d'alimentation est mesurée par un wattmètre (W). Le secondaire du transformateur est mis en communication avec les bobines B_1 et B_2 de 2000 spires chacune et de 6^{cm} de longueur et avec les condensateurs C_1 et C_2 de 4 microfarads chacun. Les ampoules sont introduites dans ces bobines.

Le courant redressé passe dans la résistance r (16000-30000 ohms) et dans l'ampèremètre A_c. La tension du courant redressé est donnée par le voltmètre V_c. On peut ajouter encore les bobines B'_1 et B'_2 dans lesquelles passe un courant de 3 mA. Elles produisent un champ magnétique de 30 gauss et sont nécessaires pour avoir le maximum de tension quand le courant débité par le redresseur est très faible.

On peut juger des propriétés de ce redresseur en considérant les tableaux ci-après. La colonne p donne les pressions en millimètres de Hg et la colonne R donne le rendement du redresseur.

W (watts).	V_p.	V_s.	V_c.	A_c.	p (mm Hg).	r.	R.
320	220	1450	1800	0,095	0,25	$2 \ .10^4 \Omega$	0,53
450	220	1400	2000	0,10	0,32	–	0,44
600	220	1300	2000	0,10	0,57	–	0,33
660	220	1300	1900	0,095	0,8	–	0,27
750	220	1300	1800	0,095	2,5	–	0,23
1000	220	1100	1500	0,06	4,2	–	0,09
470	220	1400	2100	0,105	0,34	$2 \ .10^4 \Omega$	0,46
120	170	1200	900	0,045	0,34	–	0,33
80	150	1150	600	0,03	0,34	–	0,24
1000	220	800	400	0,37	0,34	$1,6.10^3 \Omega$	0,148
110	220	1700	2700	0,005	0,34	$6 \ .10^5 \Omega$	0,12

Les valeurs numériques du tableau suivant ont été obtenues sans employer les bobines magnétisantes.

W (watts).	V_p.	V_s.	V_c.	V_c.	p (mm Hg).	T.	R.
150	220	1700	400	0,02	0,46	2.10^4	0,053
500	»	1400	1100	0,04	0,67	»	0,09
600	»	1400	1300	0,06	0,9	»	0,13
900	»	1200	1200	0,06	3,36	»	0,08
450	222	1700	2200	0,003	0,67	6.10^5	0,015
400	220	1500	1100	0,05	0,67	3.10^4	0,14
550	220	1400	160	0,12	0,63	$1,6.10^3$	0,03

Voici maintenant une observation d'une autre nature qui pourrait être utile dans les recherches spectroscopiques.

Si pendant le fonctionnement du redresseur on ouvre le robinet, en mettant en communication les deux ampoules, une décharge extrêmement brillante passe dans le tube. On ne peut pas obtenir une telle décharge en mettant directement le transformateur en communication avec les électrodes des ampoules même pour des tensions beaucoup plus grandes. Il semble que l'ionisation maintenue entre les cylindres favorise le passage de la décharge d'une ampoule à l'autre.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Dichroïsme circulaire magnétique des solutions de l'hydrate cupriammoniacal et des sels correspondants (nitrate et sulfate).* Note de M. **Robert Cordonnier**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons recherché l'existence du dichroïsme circulaire magnétique dans des solutions contenant l'ion complexe $Cu(4NH^3)$.

a. Préparation des solutions :

Solution A. — Nous partons d'une solution de nitrate de cuivre contenant $1^{mol},013$ par litre (dosage effectué après dissolution du sel). A 30^{cm^3} de cette solution nous ajoutons de l'ammoniaque jusqu'à disparition du précipité primitivement formé. La liqueur obtenue est étendue à 100^{cm^3} (concentration en cuivre $c = 0,0193$ gr/cm³). Densité de la solution à 24° : 1,0398.

Solution A/2. — C'est la précédente étendue de son volume d'eau distillée ($c = 0,0096$ gr/cm³).

Solution B. — On part d'une solution de $SO^4Cu, 5H^2O$ contenant $249^g,5$ par litre, soit M/1000 par centimètre cube. A $30^{cm^3},39$ de cette solution nous ajoutons de l'ammoniaque jusqu'à disparition du précipité primitivement formé. La liqueur obtenue est étendue à 100^{cm^3}. Les proportions indiquées conduisent à la même concentration en cuivre que pour A. Densité de la solution à 24° : 1,0403.

Solution B/2. — C'est la précédente étendue de son volume d'eau distillée.

Solution C. — On traite l'oxyde de cuivre CuO par l'ammoniaque. La liqueur primitive contenait $0^{at},154$ de cuivre par litre. Nous l'avons étendue d'eau afin d'obtenir une concentration en cuivre égale à celle de A/2 et B/2.

Ces solutions absorbent fortement les radiations de longueurs d'onde supérieures à $0^{\mu},52$.

b. Appareillage. — Nous nous sommes servi du dispositif utilisé dans nos mesures précédentes sur le sulfate de cobalt [1] (électroaimant Weiss à noyaux de 20^{cm}, champ magnétique d'environ 21000 gauss, entrefer de 9^{mm}, cuve de 5^{mm} d'épaisseur).

Les résultats donnés ci-après se rapportent à des bandes spectrales d'une largeur moyenne d'environ 30 Å. La longueur d'onde moyenne est déterminée, à 5 ou 6 Å près, au moyen d'un spectroscope à vision directe étalonné. La précision est de 1 minute environ pour les longueurs d'onde utilisées les plus courtes. Elle diminue ensuite, d'abord lentement, puis assez rapidement quand on se rapproche de la zone d'absorption.

Les faibles valeurs des ellipticités à mesurer nous ont permis l'emploi de

(1) M. Schérer et R. Cordonnier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1724.

la méthode du quart d'onde avec compensation de la rotation magnétique par une rotation inverse du glazebrook polariseur.

c. RÉSULTATS DES MESURES :

Rotations magnétiques (doublées) : 2ρ.

Longueurs d'onde en Å.	Eau.	Sol. A.	Sol. A/2.	Sol. B.	Sol. B/2.	Sol. C.
	°	°	°	°	°	°
4815	7,61	7,48+	7,56	7,50	7,55	7,78
4875	7,41	7,19+	7,30	7,21	7,29	7,50
4950	7,18	6,95	7,05	6,93	7,05	7,26
5015	6,99	6,93	6,91	6,88	6,93	7,08
5125	6,60	abs.	6,50	abs.	6,51+	6,66

Dichroïsme : 2β (positif).

Longueurs d'onde.	A.	A/2.	B.	B/2.	C.
4815	11′	5′+	12′	4′+	5′+
4875	14′	7′+	16′	8′	9′—
4950	20′	10′	19′	10′—	10′
5015	26′—	11′+	25′	12′	13′
5125	abs.	15′	abs.	15′	13′+
5200	abs.	19′	abs.	»	18′

Aux erreurs près des mesures les rotations et le dichroïsme sont les mêmes pour les solutions de nitrate et de sulfate. Les écarts des rotations observés pour C s'expliquent convenablement par la présence d'ammoniaque en excès, cet excès n'ayant pas d'influence sur le dichroïsme.

Les effets sont proportionnels aux concentrations moléculaires.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation directe de l'iode et des iodures aux ultra-pressions*. Note de MM. **James Basset** et **Maurice Dodé**, présentée par M. G. Urbain.

On déduit facilement des données thermochimiques relatives à l'iode et à l'anhydride iodique d'une part, aux iodures et aux iodates d'autre part que, dans l'air, seuls les composés oxygénés de l'iode sont thermodynamiquement stables à la température ordinaire. Le fait que l'iode et les iodures s'y conservent indéfiniment montre donc que les réactions

$$4I_s + 5O^2 = 2I^2O^5_s + 45 \times 2^{cal},$$
$$2IK_s + 3O^2 = 2IO^3K_s + 46 \times 2^{cal} \text{ (1)}$$

sont l'objet d'un frottement chimique considérable.

(1) J. Thomsen, *Ber. d. chem. Ges.*, 6, 1873, p. 713.

Nous avons réussi à le vaincre, grâce à l'emploi de très fortes pressions (¹), qui non seulement permettent d'opérer à température relativement élevée, mais aussi augmentent considérablement les vitesses de réaction, par suite de la forte concentration réalisée dans la phase gazeuse.

Oxydation de l'iode. — Quelques tentatives d'oxydation directe de l'iode avaient déjà été effectuées (²), mais sans succès; la discussion de l'équilibre montre d'ailleurs que les pressions utilisées par ces savants étaient en général trop faibles pour les températures auxquelles ils travaillaient.

C'est qu'en effet, dès que l'on chauffe un peu, la tension de vapeur de l'iode n'est plus négligeable, en sorte qu'il faut considérer la réaction comme se passant en phase gazeuse. Les pressions d'équilibre sont alors fournies approximativement par l'équation

$$2 \log p_{I^2} + 5 \log p_{O^2} = \frac{-119.000}{4,57T} + 1,75 \times 7 \log T + 22$$

qui conduit dès 300° à des pressions partielles d'oxygène déjà très importantes, car on est limité du côté de celles de l'iode par sa tension de vapeur saturante ($p_{O^2} = 50^{atm}$ à 300° et 900^{atm} à 400°).

Les essais d'oxydation ont été effectués sur $0^g,3$ d'iode dans des mélanges d'azote et d'oxygène à 33 pour 100 d'oxygène sous 3600^{kg}, soit 1200^{kg} d'oxygène. L'anhydride iodique formé était estimé colorimétriquement grâce à son action sur l'iodure de potassium en milieu acide. Les principaux résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

T.	Durée du chauffage.	I^2O^5 formé en milligrammes.	Iode restant dans le tube.	I^2O^5 formé pour 100 en 2 h. (³).
°C.	h			
250	4	3	0,30	0,4
275	3	3	0,26	0,6
300	2	4	0,15	2
325	2	3	0,10	2,3
350	1	0,5	0,15	0,5
375	2	0,7	0,11	0,5
400	1	traces (moins de 0,005)	0,08	—

La vitesse d'oxydation de l'iode est donc toujours très faible et à la température la plus favorable, sous 1200^{kg} d'oxygène, il ne faudrait pas moins

(¹) JAMES BASSET, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 928, et **195**, 1932, p. 1242.

(²) M. BERTHELOT, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7ᵉ série, **15**, 1898, p. 332; M. GUICHARD, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **11**, 1912, p. 431.

(³) Calculés d'après l'iode restant dans le tube après l'expérience.

d'une centaine d'heures pour atteindre la fin de la réaction. Nous avons tenté de la catalyser par adjonction de 1 pour 100 de noir de platine, mais les résultats obtenus furent tout à fait du même ordre de grandeur.

Une augmentation de la pression partielle de l'oxygène devrait permettre d'élever la température de rendement maximum, par suite d'accélérer la réaction. En fait, l'effet est très faible; à 350°, sous 2000^{kg} d'oxygène (mélange O^2, N^2 à 50 pour 100 sous 4000^{kg}) le rendement de l'oxydation, en 2 heures, est inférieur à 2 pour 100.

Oxydation de l'iodure de potassium. — L'oxydation directe de l'iodure de potassium, prévue théoriquement en 1908 par M. C. Matignon [1], a été beaucoup plus facile à réaliser que celle de l'iode.

L'étude a été effectuée sous 1200^{kg} de pression partielle d'oxygène, sur des masses de 0^{g},3 de IK passé au tamis 200.

L'oxydation débute dès 280°, mais il faut atteindre 360° pour qu'elle devienne importante. A partir de cette température, la vitesse de la réaction croît très rapidement :

T.	IO^3K formé en 1 heure.
370° C.	3 pour 100
390° C.	7 »
410° C.	40 »

Lorsque l'on continue à élever la température, on observe bien une augmentation de la vitesse de l'oxydation (70 °/₀ à 425°, 85 °/₀ à 450°), mais le phénomène se complique et l'iodate obtenu est toujours fortement coloré en brun par de l'iode.

Pratiquement, il n'est donc pas possible d'effectuer la transformation des iodures en iodates à une température supérieure à 410°; la réaction étant encore assez lente dans ces conditions, il est nécessaire de chauffer longtemps. Quelques essais effectués au voisinage de 410° nous ont permis d'obtenir, après 5 à 6 heures de chauffage, des mélanges titrant environ 90 pour 100 de IO^3K et presque incolores.

Bien que l'iodate de potassium ne fonde que vers 600°, le produit ainsi obtenu a toujours visiblement subi la fusion, ce qui s'explique, puisqu'au cours de l'oxydation progressive de l'iodure de potassium, on passe forcément par le mélange eutectique IK, IO^3K.

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, **14**, 1908, p. 55.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution et propriétés des céto-aniles.*
Note de Mlle **Marthe Montagne**, présentée par M. G. Urbain.

Short et Watt [1] ont indiqué en 1930 que les céto-aniles aliphatiques réagissent avec les dérivés organomagnésiens sous la forme énamine

$$R-CH=\underset{\substack{|\\ NH\\ |\\ C^6H^5}}{C}-R'$$

Mais le prétendu acétone-anile étudié par ces auteurs avait été préparé par la méthode de Knœvenagel qui conduit [2], non pas au composé phénylimimé de l'acétone, mais à la 2.2.4-triméthyldihydroquinoléine. Il va de soi qu'un tel corps, qui possède une fonction amine secondaire, libère une molécule de méthane par action de l'iodure de méthylmagnésium.

En réalité lorsque, au moyen de la méthode de Zerewitinoff, utilisée par Short et Watt, on essaie de doser l'hydrogène actif que posséderait la forme énaminique de divers céto-aniles : éthylpropylcétone-anile, éthylphénylcétone-anile, les résultats sont complètement négatifs. A température ordinaire ces corps sont complètement inertes vis-à-vis de l'iodure de méthylmagnésium et doivent donc posséder la forme anile vrai.

Au contraire, lorsque l'on condense vers 80° l'iodure de méthylmagnésium avec les céto-aniles cités ci-dessus, on observe un dégagement gazeux important et, après hydrolyse, on récupère la majeure partie du céto-anile mis en œuvre. A chaud ces corps prennent donc la forme énaminique et l'existence de cette forme peut être mise en évidence, pour l'éthylpropylcétone-anile par exemple, par condensation du complexe magnésien qui lui correspond :

$$C^3H^7-\underset{\substack{|\\ NMgI\\ |\\ C^6H^5}}{C}=CH-CH^3 \quad (I) \qquad \text{ou} \qquad C^2H^5\underset{\substack{|\\ NMgI\\ |\\ C^6H^5}}{C}=CHC^2H^5 \quad (II)$$

avec l'anhydride acétique. On obtient ainsi un liquide, bouillant entre 178° et 185° sous 19^mm, dont la composition est celle d'un dérivé acétylé de cette forme énaminique.

---

(1) *Chem. Soc.*, 135, 1930, (2), p. 2293.

(2) Reddelien et Thurm, *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1512.

Mais nous avons constaté que ce corps n'est pas homogène et nous avons été amenée à considérer le produit obtenu comme un mélange des deux isomères suivants :

```
C³H⁷—C = CHCH³        et      C³H⁷C—CH—CH³
     |                            ‖   |
     N—COCH³                      N   CO—CH³
     |                            |
     C⁶H⁵                         C⁶H⁵
     (III).                       (IV).
```

dérivés l'un et l'autre du même complexe magnésien [1], (I) par exemple.

En effet, l'hydrolyse par l'acide sulfurique à froid dédouble une partie seulement de ce mélange, celle qui correspond à l'isomère (IV). Le composé (III) beaucoup plus stable, à peine touché par chauffage prolongé avec l'acide chlorhydrique au tiers, est rapidement hydrolysé par l'acide bromhydrique à 48 pour 100 à l'ébullition. Nous avons caractérisé l'éthylpropylcétone et l'aniline, obtenus presque quantitativement, ce qui suffit à établir la constitution du composé (III).

L'hydrolyse sulfurique de (IV) conduit à une β-dicétone monosubstituée et à l'aniline. Nous avons caractérisé la dicétone-β, bouillant à 98-103° sous 24^{mm}, par la coloration violette intense qu'elle donne avec $FeCl^3$, par son sel de cuivre fondant à 161° qui paraît homogène et par les produits d'hydrolyse potassique qu'elle fournit : éthylpropylcétone et acide acétique.

L'existence du composé (IV) s'explique le plus simplement par une addition de l'anhydride acétique sur la double liaison du complexe magnésien (I), dérivé de la forme énaminique de l'anile, avec élimination ultérieure d'acétate iodomagnésien.

Ajoutons que l'acétylation directe de l'anile sous sa forme énaminique est réalisée par ébullition de cet anile avec l'anhydride acétique. Le dérivé obtenu correspond en presque totalité à l'isomère (III); l'hydrolyse à froid de ce corps ne nous a pas permis de séparer de β-dicétone, et le produit récupéré bout à 188° sous 30^{mm}, comme le produit initial d'acétylation. Cependant les premières gouttes de distillation du corps récupéré colorent nettement en violet le perchlorure de fer.

Il semble, d'après les recherches en cours, que les propriétés additives

---

[1] Nous n'avons aucune raison actuellement de supposer que le complexe (I) se forme plutôt que le complexe (II); l'homogénéité de la dicétone d'hydrolyse de (IV) permet cependant de conclure à l'existence d'un seul de ces deux complexes possibles.

très curieuses du complexe magnésien dérivé de la forme énaminique d'un céto-anile ne soient pas limitées au cas que nous venons d'exposer; ces réactions d'addition conduiront peut-être à la réalisation simple de nombreuses synthèses. Nous nous proposons en outre de rechercher dans quelle mesure les observations que nous avons faites sur les céto-aniles pourront être généralisées aux aniles d'aldéhydes. Enfin il nous paraît vraisemblable, d'après les résultats ci-dessus, qu'en transformant en anile une fonction cétone appartenant à un corps à fonction complexe, on pourra soustraire cette fonction cétone à l'action des dérivés organomagnésiens, et nous nous réservons également cette étude.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la formation de composés définis critallisés au début du durcissement des ciments siliceux.* Note de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les expériences faisant l'objet de cette Note ont eu pour but de rechercher, au moyen des rayons X, s'il existe au début de la réaction entre la silice soluble et la chaux dissoute des composés cristallisés définis.

L'examen au microscope des produits de la réaction de l'eau sur les ciments siliceux a donné lieu, en effet, à des conclusions contradictoires. D'après M. Le Chatelier (¹) le durcissement des ciments siliceux est dû au feutrage de cristaux de silicate de chaux hydraté; cristaux que l'on ne peut pas distinguer généralement au microscope dans les conditions habituelles d'emploi du ciment, mais qui sont discernables en faisant agir beaucoup d'eau sur peu de ciment (²). Par contre Michaelis (³), Rohland (⁴), Kühl (*loc. cit.*) et divers auteurs déjà nommés se sont basés sur le fait que l'on n'observe pas de cristaux au début du durcissement des ciments siliceux pour expliquer l'hydraulicité du ciment par les propriétés colloïdales des gels.

En raison de ces divergences, l'hydratation des ciments siliceux a

---

(¹) Le Chatelier, *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, Paris, 2ᵉ édition, 1904, p. 52 et 71.

(²) Rengade, dans Pascal, *Traité de Chimie*, 7, 1933, p. 519 et 528; Kuhl, *Zement*, 1, 1930, p. 262, et 2, 1931, p. 650; Biehl, *Zement*, 1, 1928, p. 487.

(³) Michaelis, *Ztsch. für Ind. der Kolloide*, 5, 1909, p. 9.

(⁴) Rohland, *Koll, Zts.*, 9, 1911, p. 21, d'après Kuhl.

été, au cours de ces dernières années, étudiée au moyen des rayons X. Kühl (*loc.cit.*) a ainsi examiné des mélanges de laitiers vitreux et de solutions de soude et il n'a pas observé la formation de cristaux pendant les premiers jours du durcissement. Mais l'examen aux rayons X devient peu sensible lorsque l'on observe des masses durcies de ciments industriels ou préparés au laboratoire (produit de la réaction en faible proportion à côté de ciment inattaqué, présence de corps cristallisés dans le ciment siliceux anhydre, présence de corps étrangers : ferrites, aluminates, sulfate de chaux, etc.).

Angles θ. Raies spectres rayons X.

Mélange 1 vol. SiO^2 à 0,84 g. p. l. et 2 vol. CaO à 0,84 g. p. l. Prélèvements après :		Mélange 1 vol. SiO^2 à 6,4 g. p. l. et 2 vol. CaO à 1,21 g. p. l. Renouvellement de la solut. avec de la chaux saturée tous les jours. Prélèvements après :					Mélange 1 vol. SiO^2 à 0,84 g. p. l. et 2 vol. CaO à 0,42 g. p. l. Prélèvements après :	
2 heures. Concentr. $c = 0{,}465$ g. CaO p. l.	24 heures. Concentr. $c = 0{,}363$ g. CaO p. l.	2 heures. Concentr. $c = 0{,}376$ g. CaO p. l.	24 heures. Concentr. $c = 0{,}088$ g. CaO p. l.	3 jours. Concentr. $c = 0{,}487$ g. CaO p. l.	3 jours. Concentr. $c = 0{,}487$ g. CaO p. l.	7 jours. Concentr. $c = 1{,}06$ g. CaO p. l.	3 jours. Concentr. $c = 0{,}105$ g. CaO p. l.	7 jours Concentr. $c = 0{,}098$ g. CaO p. l.
14° 43′ t. f.	14° 50′ t. f.	14° 49′ t. f.	14° 42′ f.	14° 42′ t. f.	15° t. f.	14° 44′ t. f.	14° 55′ t. f.	14° 42′ t. f.
16.18	16.14	16.05	16.06	16.03 f.	16.18′	16.03	16.14	16.07
18 (?)	18.12 (?)	–	17.36	18.05 (?)	–	–	–	–
19.52	19.57	–	–	19.52	–	–	–	–
21.48	21.48	–	–	21.48	–	–	–	–
–	–	–	–	22.12 (?)	–	–	–	–
24	23.56	–	–	23.48	–	–	–	–
–	24.27	–	–	24.30 (?)	–	–	–	–
25.05	25.03 f.	25.05 f.	24.51	25.03 f.	25.20 f.	25.03 f.	25.07 f.	24.56 f.
–	27.56 (?)	27.48 (?)	27.20 (?)	27.36	27.56	27.36	27.56 (?)	27.36
–	28.53	–	–	29.08	–	–	–	–
–	30.34	–	–	30.22	30.44 (?)	–	–	30.22 (?)
–	–	–	–	33.27	33.48	–	–	33.48 (?)
–	–	–	–	43.52 (?)	44.16 (?)	43.42	–	44.02 (?)
–	–	–	–	45.45	46.20 (?)	45.55	–	46.05 (?)

Afin d'éviter ces dificultés nous avons mélangé des solutions colloïdales de silice et des solutions de chaux. La silice et la chaux réagissent de la même façon que cela se produit au cours de la prise des ciments siliceux, mais l'examen aux rayons X n'est pas gêné par la présence du solide initial.

Nous avons montré ([1]), M. Jolibois et moi, que la silice est d'abord

([1]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 452.

coagulée par la chaux. Le gel de silice se transforme ensuite lentement au contact des solutions de chaux en silicate monocalcique hydraté. En outre de la chaux est adsorbée par le solide.

Les examens aux rayons X ont porté sur des précipités prélevés 2 heures, 24 heures, 3 jours et 7 jours après le début de la réaction entre des solutions de diverses concentrations (1 volume de silice de $0^g,84$ à $6^g,4$ SiO^2 par litre, 2 volumes de solutions de chaux, concentration finale en CaO de $0^g,080$ à $1^g,06$ par litre). Les mélanges ont été agités à l'abri de l'air à la température ambiante (18-22°). Le solide a été ensuite séparé de la solution sur un ultra-filtre en collodion puis examiné aux rayons X (méthode de Debye-Scherrer; Spectre K_α du cuivre, 35-37000 volts, 18 milliampères, durée de pose : 4 heures). Le tableau ci-contre indique les résultats de l'examen des spectres.

L'examen des spectres X conduit aux conclusions suivantes :

Il existe déjà dans le produit prélevé 2 heures après le début de la réaction, à coté du gel de silice, un composé défini cristallisé, en proportion notable.

Ce composé cristallisé est le même quelle que soit la concentration finale de la solution de chaux avec laquelle il se trouve en contact. Il ne se forme donc qu'un seul silicate de chaux hydraté, le silicate monocalcique hydraté dont nous avons montré précédemment (*loc. cit.*) l'existence par une autre méthode.

PÉDOLOGIE. — *Sur la dispersion des colloïdes argileux des sols et des sédiments*. Note de MM. **Albert Demolon** et **E. Bastisse**, présentée par M. L. Cayeux.

En raison du caractère généralement empirique des techniques proposées pour la séparation des colloïdes argileux des sols et de l'impossibilité d'en apprécier la valeur d'un point de vue général, nous avons étudié les divers facteurs susceptibles de favoriser la stabilité des suspensions d'argile. Cette étude nous a permis de fixer une méthode d'extraction sans décalcification acide et par conséquent d'éviter l'altération de l'argile elle-même ainsi que celle des espèces minérales attaquables formant le squelette de certains sols.

Influence des ions OH. — Lorsqu'on additionne une suspension d'argile d'un alcali, l'effet observé est la résultante de l'action propre des deux ions introduits : le cation qui tend à la floculer, et l'anion (OH) qui tend à la

disperser. L'expérimentation directe nous a montré que la résistance à la floculation croît avec la concentration en ions OH du milieu et passe par un maximum différent selon le cation; ce maximum est atteint pour Na^+ à pH 8,7, pour Li à pH 8,6, pour NH^4 à pH 9,0, pour K à pH 7,7. Au delà on observe un abaissement de la résistance qui, rapide pour Na et Li, est plus lent pour NH^4 et K.

On constate également que la présence simultanée de deux cations, ayant une énergie de fixation très différente (Na^+ d'une part et K — NH^4 ou Ca d'autre part), a pour effet d'élever la résistance de l'argile et de maintenir celle-ci sensiblement constante dans un certain intervalle du pH au voisinage du maximum.

On peut utiliser ces observations dans l'extraction des colloïdes argileux des sols calcaires en opérant d'abord leur lavage par une solution KCl comme il est indiqué plus loin, puis en assurant la peptisation par CO^3Na^2 à 2 m-éq. par litre. Mais on obtient plus rapidement leur extraction totale en mettant à profit l'action stabilisante de certains anions.

Influence de certains anions. — Nous avons déjà signalé ([1]) que la fixation par l'argile colloïdale de divers anions en faible quantité élève son seuil de floculation. Les anions phosphorique, silicique, tartrique, oxalique, citrique augmentent tous de façon importante la résistance à la floculation de l'argile colloïdale. Le plus efficace est l'anion citrique.

Cette action très appréciable en présence de cations alcalins est également très notable lorsque le complexe absorbant renferme des ions Ca, dont elle contrarie l'action floculante. Elle permet l'extraction des colloïdes argileux sans décalcification préalable. Nous avons constaté expérimentalement que la concentration de 10 m-éq. de citrate sodique réalise pratiquement l'optimum. Dans ces conditions, la concentration en ions OH du milieu a peu d'influence entre pH 7 et pH 9.

Technique proposée et résultats. — L'extraction et le dosage des colloïdes argileux dans l'analyse mécanique des sols comprend les opérations suivantes :

1° destruction de la matière organique par H^2O^2 à 6 pour 100 (Robinson);

2° trois lavages de 100^{cm^3} avec KCl N/10 (pour un poids de terre de 10 à 20^g);

3° peptisation par agitation mécanique (1 heure) en présence de 400^{cm^3} H^2O additionnés de 10^{cm^3} d'une solution normale de citrate de soude (119^g citrate de soude cristallisé par litre). On amène ensuite à 1000^{cm^3};

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 790.

4° extraction de l'argile par voie de sédimentation suivie de floculation par un acide très dilué (HCl N/50).

Cette technique employée sur différents types de sols a donné, par rapport à la méthode internationale ([1]) dont le résultat est supposé égal à 100, les indices de comparaison suivants :

Cas où il y a accord avec la méthode internationale.

1. Terre à briques (Aisne)	100,8
2. Terre rouge du Var	100,1
3. Argile à silex (Eure-et-Loir)	98,1
4. Boulbène (Lot-et-Garonne)	101,5
5. Terre granitique (Finistère)	100,9
6. Tchernoziem (U. R. S. S.)	101,5

Cas où il y a désaccord avec la méthode internationale.

7. Marne blanche très calcaire	87,8
8. Marne verte calcaire	73,4
9. Terre de Champagne (66 pour 100 CO^3Ca)	83,0
10. Loess calcaire	80,1
11. Terre de Limagne (Puy-de-Dôme)	29,3
12. Terre latéritique d'Indochine (Horizon A)	37,8

On voit que pour les terres 1, 2, 3, 4, 5, 6 la nouvelle technique équivaut à la méthode internationale.

Dans le cas des terres calcaires (7, 8, 9, 10), les carbonates terreux n'ayant pas été dissous n'ont pas libéré les colloïdes qu'ils retiennent, d'où des résultats plus faibles avec notre méthode. Il en est de même pour la terre de Limagne (11), les réactifs utilisés dans la méthode internationale attaquant profondément le squelette andésitique de ce sol.

Au contraire, pour la terre latéritique (12), la destruction des agrégats à ciments humo-aluminiques nécessite un traitement par un réactif alcalin énergique, sinon on observe un délitement graduel prolongé avant d'obtenir la dispersion totale.

([1]) *Conclusions Ire Commission Assoc. internat. Science du sol* (Rothamsted, 1926). Nous avons substitué à l'ammoniaque la soude à 1^g par litre.

GÉOLOGIE. — *Sur le Trias et l'Infralias des environs de Grasse et du Bar.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Paul Goby**, présentée par M. L. Cayeux.

M. Jean Goguel (¹) admet « que le Jurassique légèrement ondulé couronnant le plateau qui s'étend à l'Est de Grasse jusqu'à Antibes vient reposer, sans aucune complication, sur le Rhétien et le Trias qui forment un anticlinal autour du Bar. Cet anticlinal fournit une bonne coupe stratigraphique du Trias supérieur, coupe que l'on retrouve avec les mêmes caractères jusqu'à Draguignan vers l'Ouest. Entre les marnes à gypse sont intercalés quelques horizons d'une dolomie blanche, souvent friable et polyédrique, qui ne présente aucune trace de broyage; tous les passages existent entre elle et les marnes encaissantes. Ces dolomies doivent, sans aucun doute, être attribuées au Trias et non à un Hettangien en position anormale ». Cette conception constitue le point de départ d'une interprétation tectonique de la région située au Nord de Grasse, ensuite esquissée par M. Goguel. Beaucoup trop simple comme nous allons le voir, elle est, en fait, celle qui, vers 1900, a été figurée par A. Guébhard, puis par Ph. Zürcher dans la première édition de la feuille de Nice; elle s'oppose, par contre, à la notion des « duplicatures provençales » émise en 1913 par l'un de nous en collaboration avec M. A. Lanquine, à la suite de recherches faites en vue de la seconde édition de cette même feuille.

De minutieuses et persévérantes observations de détail dans la région avoisinant Grasse. appuyées sur la rencontre, en de multiples points, de la lumachelle rhétienne à *Avicula contorta*, nous permettent d'affirmer l'existence, dans le très puissant complexe considéré par M. Goguel comme entièrement triasique (qui présenterait d'ailleurs une épaisseur absolument anormale), de *répétitions tectoniques et non stratigraphiques*, découlant du fait que les intercalations de dolomies à débit parallélépipédique visées par M. Goguel sont certainement *hettangiennes* et non triasiques. Bien que les faciès du Trias, du Rhétien et de l'Hettangien provençaux soient très caractéristiques pour tous ceux qui sont familiers avec eux depuis longtemps, nous ne nous bornerons pas à invoquer l'identité absolue entre ces dolomies grisâtres et prismatiques intercalées dans le Trias en question et celles qui, alors en situation régulière et indiscutablement hettangiennes, se montrent

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 157.

à la base de la série jurassique, au-dessous du Bajocien à silex et au-dessus du Rhétien, sur l'un et l'autre des flancs de « l'anticlinal du Bar » (par exemple à la montée de Grasse au plateau de Roquevignon ou, à l'inverse, à la base du Jurassique subtabulaire qui s'étend vers le Sud-Est), ni non plus le caractère très différent des dolomies triasiques, jaunes, massives, non stratifiées et toujours plus ou moins caverneuses (il peut exister aussi des cargneules dans l'Hettangien, mais d'aspect différent).

Un argument capital est l'association, en de nombreux points, de *Rhétien fossilifère* à la base de ces dolomies intercalées dans le Trias. En raison de ses lits argileux qui en font le niveau aquifère classique de Provence, au-dessous des dolomies hettangiennes sèches et rocheuses, le Rhétien est d'ailleurs partout très cultivé au voisinage des localités habitées, en particulier aux environs de Grasse et du Bar; ses plaquettes calcaires à *Avicula contorta* et nombreux autres Lamellibranches doivent alors, le plus souvent, être recherchées dans les murs des parcelles cultivées, du sol desquelles elles ont été extraites pour les besoins de la culture.

Nous ne pouvons donner ici l'énumération détaillée des points où nous avons rencontré ces plaquettes en abondance, accompagnant l'une ou l'autre des bandes de dolomie hettangienne intercalées dans le Trias, depuis Grasse jusqu'à la vallée du Loup. Nous devons nous borner à indiquer : que l'une d'elles, qui se dirige de Grasse vers Magagnosc en portant les hameaux de La Lauve et de Saint-Laurent, repose en divers points sur du Rhétien fossilifère, par exemple au quartier de Rioucougourde où, d'autre part, elle supporte directement du gypse triasique; que la bande venant du Pré-du-Lac se terminer au hameau des Roumégous est également accompagnée de Rhétien fossilifère (cette bande est la retombée anticlinale de la précédente ou, mieux, sa racine); qu'il en est de même pour la bande dolomitique se dirigeant du Pré-du-Lac au château du Rouret (au-dessous d'une autre zone rhétienne très fossilifère existant à la base de la série jurassique subtabulaire qui s'étale au Sud-Est), ainsi qu'en diverses autres localités où le Rhétien accompagne encore des intercalations plus élevées que la première bande indiquée, depuis Grasse jusqu'au-dessus du Bar.

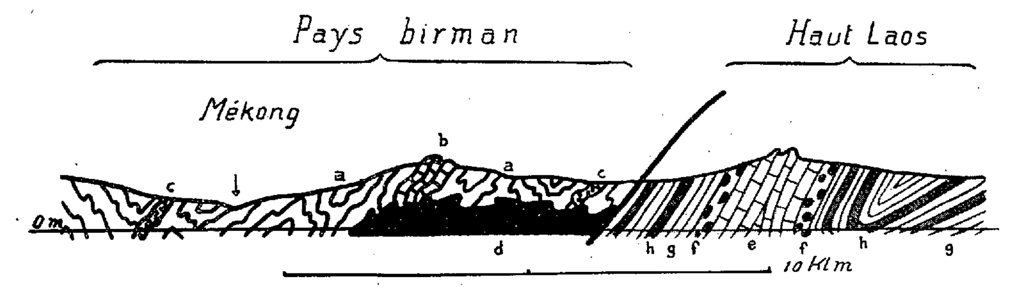
Ces constatations précises, auxquelles, en outre, s'ajoute l'existence d'une lame calcaire qui, bien que sans fossiles et souvent très broyée, présente les caractères les plus typiques du Muschelkalk, venant s'intercaler dans ce complexe sur la rive gauche du Loup, mais montant sur sa rive droite vers le château du Rouret, s'opposent manifestement à la conception de M. Goguel. Sans vouloir, dans cette Note, discuter l'interprétation

tectonique générale de celui-ci, il nous apparaît bien démontré, conformément à la notion des « duplicatures », que « l'anticlinal du Bar » n'est que le résultat d'un reploiement anticlinal simultané d'un empilement de plis couchés provençaux, antérieurs au dépôt de la mollasse burdigalienne à Tourrette-sur-Loup et dont les racines, situées au Sud, ont pu être localement redressées par ce reploiement (vraisemblablement dû au plissement alpin) jusqu'à la verticale, voire même parfois légèrement renversées au Sud.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du Haut-Laos occidental.* Note (¹) de M. **Josué Hoffet**, transmise par M. Ch. Jacob.

La présente Note traite de la partie la plus occidentale de l'Indochine française située sur les bords du Mékong, là où ce fleuve forme notre frontière avec la Birmanie.

Le fait capital de la structure de cette région réside dans le chevauchement du Haut-Laos par le pays birman suivant une direction NNE. Ce



charriage avait été pressenti par Ch. Jacob et L. Dussault (²) aux environs de Ban Houei Sai, où ces auteurs ont constaté que le granite repose, à 1^{km} en amont de l'embouchure du Nam Ngao dans le Mékong, sur une série broyée de schistes, grès, brèches de schistes avec intrusions de rhyolites et andésites. J. Fromaget (³) en a déduit le chevauchement des deux pays. Mes explorations, durant l'hiver 1933-1934, m'ont permis de relever la coupe suivante, preuve matérielle de cette dernière hypothèse et illustrant mieux qu'une description l'agencement des terrains.

(¹) Séance du 1er octobre 1934.

(²) *Exploration géologique dans le Haut-Laos* (*Bull. Serv. Géol. Indochine*, 13, IV, 1924, p. 47).

(³) *Observations et réflexions sur la Géologie structurale et stratigraphique de l'Indochine* (*Bull. Soc. Géol. France*, 5e série, 4, 1934; à l'impression).

L'élément birman est composé d'une série très ancienne de micaschistes et de gneiss, partiellement d'orthogneiss (*a*), de cipolins (*b*) et de labradorites andésitiques (*c*), comparable aux séries cristallines de Chapa et du Fan Si Pan, dans lesquelles nos labradorites andésitiques sont représentées par un terme plus métamorphique, des amphibolites, que, dans une Note récente, J. Fromaget ([1]) considère comme algonkien. Une intrusion de granites acides (*d*) est venue digérer ce complexe ancien et affleure un peu plus au Sud que notre coupe. Elle est traversée de filons andésitiques. La mise en place de ce granite a dû se faire à l'Anthracolithique inférieur comme pour la majorité des granites indochinois.

L'élément du Haut-Laos débute par un calcaire à entroques (*e*) et à rares Bryozoaires; son âge est carbonifère ou dévonien. Par-dessus, vient une série subcontinentale de poudingues (*f*), de grès schisteux verts et bleus à ossements indéterminables (*g*), d'andésites (*h*) et de rhyolites. C'est le « matériel des Indosinides », allant de l'Anthracolithique moyen au Trias (à rapprocher les grès schisteux à ossements, des grès à *Dicynodon* de Luang Prabang).

Le contact même de l'élément birman avec l'élément Haut-Laos est visible sur le Mékong, près du village Lu de Ban Nang Thong. Les roches y sont fortement laminées et réduites en bouillie. J'ai pu suivre ce chevauchement du 23^G,4 de latitude Nord au 24^G. Sa genèse doit être rattachée aux mouvements néotriasiques.

Il est intéressant de rapprocher ces observations de celles de J. Coggin Brown ([2]) plus au Nord, vers le 26e grade, toujours sur les bords du Mékong. Cet explorateur y signale une série, dite de Kao Liang, composée de roches métamorphiques d'âge précambrien dans laquelle il indique des intrusions granitiques. Cette série vient brutalement en contact avec une plus récente qu'il considère comme permo-triasique et composée de roches sédimentaires traversées de dykes et coulées éruptives. La coupe est identique à la nôtre et doit être interprétée de la même façon.

Nous pouvons ainsi suivre ce chevauchement depuis le 22e parallèle (embouchure du Nam Ngao) jusqu'au 26e, soit sur une distance de 400^{km}. Sa forme est celle d'un arc convexe vers l'Est et jalonnant le cours supérieur

---

([1]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 433.

([2]) *Contributions to the Geology of the province of Yunnan in Western China*, Part, 7 in *Records of the Geol. Survey of India*, 54, Part 3, Calcutta, 1923, p. 296-323.

du Mékong. Cet arc est presque parallèle à celui du Haut-Laos oriental, qui délimite le chevauchement de l'élément haut-laotien sur le Tonkin occidental.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les phénomènes actuels de nivation et d'accumulation neigeuse dans les Hautes-Vosges.* Note de MM. **G. Rempp** et **J.-P. Rothé**, présentée par M. Ch. Maurain.

Si la glaciation quaternaire des Hautes-Vosges a fait l'objet de nombreuses recherches, les phénomènes actuels de nivation ont été par contre peu étudiés. Or les crêtes des Hautes-Vosges, vers 1300^m d'altitude, ont un climat *subpolaire* très analogue à celui de l'Islande, ainsi que le montre le tableau suivant :

Températures moyennes.	Janvier.	Juillet.	Année.
	°	°	°
Grand Ballon (Hautes-Vosges).......	−4,2	11,2	3,2
Reykjavik (Islande S.)..............	−3,1	11,8	3,3
Grimsey (Islande N.)................	−4,3	6,8	1,3

On compte 180 jours de gelée au Grand Ballon et 190 à Grimsey.

Les crêtes des Hautes-Vosges subissent en hiver de fréquents dégels succédant à des périodes de froid intense; leur sol est presque toujours dégagé de neige par le vent. Il est donc naturel d'y rechercher des phénomènes de nivation propres aux régions arctiques.

1° *Sols réticulés.* — Les auteurs de cette Note ont constaté dans le large ensellement qui sépare le Rothenbacherkopf du Batteriekopf, à une altitude d'environ 1290^m, une formation tout à fait analogue aux sols réticulés qu'ils ont rencontrés au Groenland ou au Spitzberg. Le réseau est constitué par des cercles d'un mètre environ de diamètre, couverts de *Vaccinium;* séparant ces cercles, des bandes affaissées, où pousse seulement une herbe rase, contiennent des petites pierres provenant de la désagrégation de la grauwacke sous-jacente. L'intérieur des cercles, au contraire, est constitué de terre noire très fine sans aucune pierre. C'est donc une formation comparable aux *cercles de pierre* des régions arctiques. Le centre des cercles est exhaussé de 15 à 20 centimètres, sans doute par suite d'une action secondaire, à savoir la production d'humus par la végétation. Dès que la surface du terrain n'est plus parfaitement horizontale, le sol réticulé disparaît, ce qui est conforme à nos observations dans les régions arctiques, pour faire place aux « sentiers de vaches ».

2° *Solifluction et « faux sentiers de vaches* ». — La circulation des troupeaux entretient sur les versants des Hautes-Vosges un réseau de sentiers très étroits aux mailles resserrées dans le sens de la pente et suivant sensiblement les lignes de niveau. Le langage populaire les désigne sous le nom de sentiers de vaches ([1]). On observe des sentiers analogues sur des pentes trop raides pour que le bétail puisse y accéder, au haut des conques du Frankenthal et du Rothenbach. Ce sont de faux sentiers de vaches, qui se différencient des vrais en ce qu'ils sont légèrement ondulés par rapport aux lignes de niveau. Leur formation est due au décollement et au plissement de la couche végétale par suite d'un phénomène de solifluction, phénomène qui a peut-être joué un rôle plus ou moins grand dans l'origine de certains des sentiers de vaches proprement dits, ceux qu'empruntent aujourd'hui les troupeaux.

3° *Les* névés temporaires *des Hautes-Vosges*. — Si le vent dominant d'Ouest, en chassant la neige, favorise la formation de sols réticulés sur les crêtes, il provoque en même temps par *suralimentation neigeuse* le développement de névés sur les pentes nord et est des Vosges. Ce processus qui est responsable de la topographie glaciaire des Vosges alsaciennes permet, actuellement encore, que ces névés persistent jusqu'en juillet ou en août ([2]). Nous avons recherché quels facteurs présidaient à leur formation.

La protection contre le rayonnement solaire ne joue pas un rôle primordial : le névé qui subsiste le dernier au flanc du Kastelberg est orienté vers l'ENE, alors que la neige disparaît beaucoup plus vite dans les niches du Frankenthal orientées au Nord.

L'altitude, au contraire, a une grande importance. La base de ces névés est à environ 1250^{m}; de grandes masses de neige entraînées par des avalanches au fond du Frankenthal, vers 1030^{m}, y disparaissent rapidement. On peut donc admettre qu'une augmentation de l'altitude de 200^{m} au plus ou un abaissement correspondant de la température suffirait à rendre ces névés permanents.

L'approvisionnement en neige est naturellement un facteur important qui dépend de la largeur de la crête. C'est grâce à la grande quantité de neige balayée sur la vaste croupe du Kastelberg que se forment les épais névés de son flanc Est (Schwalbenest).

([1]) Connus ailleurs sous le nom de sentiers de moutons (scheep-traks, faarestier). Voir Hilmar-Odum, in *Danmarks geologiske Undersögelse*, 4e série, 1, xv, 1922, p. 1.

([2]) En 1934, le dernier névé a disparu le 17 juillet; certaines années, en 1860 par exemple, la neige a persisté tout l'été.

Si, dans l'ensellement qui sépare le Hohneck du Kastelberg (Wormspel), sans doute encore mieux approvisionné en neige, les névés disparaissent plus rapidement, cela tient à la configuration du terrain qui joue en effet un rôle capital. Pour que les névés puissent se développer, il faut que le versant à partir de la rupture de pente présente une forme faiblement concave en section horizontale, avec peu ou pas de rochers et une absence de tout festonnage qui rendrait possible la formation des corniches. Les profils en long, exécutés en été à l'emplacement des principaux névés, montrent que la pente en bordure de la crête passe presque immédiatement à 40° environ, se maintient à cette valeur jusqu'à un niveau de 40 à 50^{m} plus bas, puis tombe à 20 ou 30°, diminution suffisante pour éviter les glissements de la neige soufflée, plus cohérente que la neige fraîchement tombée.

Il résulte de ces conditions que partout où l'empreinte glaciaire a été assez forte pour creuser des cirques aux parois raides et rocheuses, ne se forment plus aujourd'hui que des corniches qui s'éboulent au printemps en provoquant des avalanches caractérisées (Frankenthal). Au contraire, là où les formes préglaciaires ont été respectées, les névés se développent et continuent dans des niches de nivation (cirques embryonnaires) un lent travail d'érosion qui se manifeste par des arrachements du sol bien visibles en été à l'emplacement de ces névés.

ENTOMOLOGIE. — *Remarques sur le mode d'action physiologique des principes actifs de* Solanum tuberosum *envers les larves de* Leptinotarsa decemlineata. Note (¹) de MM. **Bernard Trouvelot**, **Marc Raucourt** et **Jean Castets**, présentée par M. Marchal.

L'étude des constituants des feuilles de *Solanum tuberosum* qui provoquent leur consommation par les larves de *Leptinotarsa decemlineata* nous a amenés à observer l'influence de la concentration de ces corps sur le comportement de l'insecte, en particulier sur la quantité de matière consommée et la promptitude des attaques.

C'est l'extrait alcoolique qui, comme nous l'avons montré dans une Note précédente (²), contient les principes actifs de la feuille de pomme de terre.

(¹) Séance du 1er octobre 1934.

(²) M. Raucourt et B. Trouvelot, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1153.

Si nous offrons aux larves, en même temps, diverses concentrations de cet extrait déposées sur des rondelles de moelle de sureau, les pourcentages de surfaces mangées en trois jours s'établissent ainsi (moyenne de 4 essais) :

Concentrations	C(*).	2C.	4C.	10C.	20C.
Pourcentages	5	5	22	39	68

(*) C = Extrait normal.

Un essai analogue avec des dilutions de l'extrait normal donne les pourcentages d'attaque suivants :

Concentrations	C/10.	C/4.	C/2.	C.
Pourcentages	1	2	35	60

On peut remarquer que, lorsque plusieurs aliments sont offerts en même temps à des larves de Doryphores, le degré d'attaque de chacun ne dépend qu'en partie de sa valeur propre; il est aussi fonction des qualités des autres aliments présentés en compétition. Ainsi, si l'on compare l'extrait normal, dans des expériences successives durant de 3 à 4 jours, avec des extraits de concentration croissante (2, 4, 10 et 20 C), on voit la consommation de cet extrait diminuer régulièrement suivant les échelons : 29, 20, 15 et 12. Comparé aux dilutions C/2, C/4, C/10, l'extrait normal montre au contraire des pourcentages d'attaque croissants : 13, 30 et 35.

Il est évident que si l'on prolongeait suffisamment l'expérience, les aliments moins riches seraient à leur tour consommés, après la disparition des plus riches.

L'observation directe du comportement des larves nous permet de pénétrer davantage le mécanisme de leur activité alimentaire. Les larves circulant autour des diverses matières présentées attaquent fréquemment la plus grande partie d'entre elles, qu'elles soient riches ou pauvres en principes actifs. Mais chaque attaque s'arrête d'autant plus rapidement que l'aliment est moins riche, et l'insecte se remet alors à circuler. La durée des stationnements étant en rapport avec les qualités des substances offertes, on peut observer un groupement plus nombreux des insectes sur les extraits les plus concentrés ce qui détermine pour ceux-ci une consommation plus élevée.

Voici un relevé du nombre de larves groupées, à des instants déterminés, sur des extraits de différentes concentrations, et les pourcentages de surfaces consommées :

	Concentrations	C.	4C.	8C.	12C.
Nombre de larves	1 minute après la contamination	0	2	2	3
	10 minutes plus tard	0	0	0	8
	10 »	0	0	1	6
	10 »	0	0	4	3
	10 »	0	0	2	4
	10 »	0	1	2	4
	10 »	0	0	0	3
Pourcentages de surfaces mangées	45 minutes après la contamination	0	2	5	17
	49 minutes plus tard	0	7	12	27

De premiers essais pour rechercher les variations d'une même plante en principes actifs ont été réalisés sur des pieds de *S. tuberosum* se trouvant dans des états physiologiques différents.

Dès à présent, on a pu noter un affaiblissement d'attaque pour les extraits alcooliques provenant de feuilles étiolées naturellement par manque d'humidité, ou artificiellement à l'obscurité. Les intensités de consommation pour les extraits de plantes normales et de plantes étiolées sont entre elles comme les chiffres 47 et 21 (moyennes de quatre essais). Le même affaiblissement se retrouve sur les parties jaunes de feuilles panachées. Ces transformations biologiques sont à rapprocher de celles que produit l'attaque du *Phytophtora :* on constate couramment que les feuilles envahies par le champignon sont délaissées par l'insecte.

En conclusion, on voit que les principes actifs considérés agissent sur le *L. decemlineata* non seulement par leur présence, mais aussi par leur abondance plus ou moins grande dans la plante. Un même végétal en contient des quantités variables selon son état physiologique. D'autre part la concentration de ces principes ne présente pas de valeur optima correspondant à un maximum d'attaque de l'insecte; mais, dans les limites où nous avons opéré, elle croît régulièrement dans le même sens que la consommation.

RADIOPHYSIOLOGIE. — *Phénomènes chimiques qui accompagnent la résorption du tissu irradié.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons étudié les modifications chimiques qu'un tissu subit sous l'influence de l'irradiation et qui accompagnent sa résorption.

C'est la région thymique de lapins que nous avons irradiée. Chaque série d'expériences a été effectuée sur une portée d'animaux jeunes. Un thymus, prélevé sur un animal non irradié, servait de témoin. Les autres animaux étaient irradiés le même jour et sacrifiés à des intervalles de 24 heures, de

telle sorte que le thymus a pu être étudié à des stades successifs de sa régression, dont les processus histologiques étaient contrôlés par A. Lacassagne.

Les conditions d'irradiation furent : une seule porte d'entrée antérieure; distance anticathode-peau, 30^{cm}; filtre, 6^{mm} Al; intensité, 6 mA; tension, 150000 volts; durée, 38 minutes; dose à la peau d'environ 1350 r.

L'analyse chimique du tissu irradié révèle une augmentation sensible du chlore (Tableau I), augmentation qui se manifeste dès le lendemain de l'irradiation [1]. Toutes les séries d'expériences ont donné ce même résultat. Il faut noter cependant que, les dosages ayant porté sur le tissu sec, *non dégraissé*, la teneur en Cl pour 100 varie, en raison de la proportion variable des lipides dans chaque série d'animaux.

Tableau I.

Cl *dans* 100^{g} *de thymus sec.*

	Exp. n° III.	Exp. n° IV.
Témoin (animal non irradié)	0,258	0,487
1 jour après l'irradiation	0,579	
2 jours »	0,628	1,41
3 »	0,329	
4 »	0,278	

Cette hyperchloruration est-elle due à l'acidification *post-mortem* des cellules irradiées et à la désintégration des nucléines? C'est une question qui se présente à l'esprit et que les expériences en cours pourraient résoudre. Mais toujours est-il que la fixation du chlore sur le tissu irradié peut être rapprochée de l'hypercloruration tissulaire signalée par Legueu, Fey, Palazzoli et Mlle Lebert [2] dans les tissus traumatisés.

Parallèlement à l'hyperchloruration du tissu irradié, on constate, par l'examen systématique du sang (Tableau II), une augmentation constante et généralement immédiate de la chlorémie totale; cette augmentation intéresse exclusivement le globule [3], d'où relèvement du rapport Cl_g/Cl_p. Fait important, cette hyperchlorémie globulaire est accompagnée d'une diminution du taux de l'urée globulaire. La réserve alcaline est augmentée

---

(1) Au cours de l'exécution de ce travail, une forte augmentation du chlore dans le tissu cancéreux irradié a été signalée par M. Polonowski, Ch. Grandclaude et J. Driessens (*C. R. Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 1071).

(2) *Bull. Acad. de Médecine*, **109**, 1933, p. 879.

(3) Cette hyperchlorémie globulaire a été signalée par L. Koch chez les malades irradiés (*Strahlenth.*, **25**, 1927, p. 470).

et la concentration en ions hydrogène, comme il a été signalé dans un travail antérieur en collaboration avec A. Lacassagne (1), est généralement diminuée.

TABLEAU II.

Modifications du sang au cours de la résorption du thymus irradié.

		Témoin non irradié.	1 jour après l'irradiation.	2 jours après.	3 jours après.	4 jours après.
Cl_t	Série I......	2,98	3,35	3,12	3,07	2,87
	» II.....	2,95	3,41	3,05	3,19	2,95
	» III....	3,05	2,84	3,05	3,19	2,91
	» IV.....	3,05	–	3,26	–	–
	» V.....	3,20	3,43	–	–	–
Cl_g	» IV.....	1,90	–	2,17	–	–
	» V.....	2,06	2,13	–	–	1,70
Cl_p	» IV.....	3,55	–	3,55	–	–
	» V.....	3,83	3,83	–	–	–
pH	» I......	7,42	7,47	7,43	7,36	–
	» II.....	7,42	7,46	7,35	–	–
	» III. ..	7,41	7,49	7,49	–	–
	» IV.....	7,46	–	7,46	–	–
	» V.....	7,18	7,29	–	–	–

Quant à l'élimination urinaire, deux faits sont dignes de remarque : *a.* la phosphaturie accuse, dès le lendemain de l'irradiation, une augmentation considérable, avec retour à la valeur normale dans les jours suivants; *b.* la chlorurie, au contraire, est fortement diminuée le lendemain de l'irradiation.

En résumé, au cours de la résorption du thymus irradié, les étapes suivantes se succèdent : Dans le tissu, on constate une désintégration des nucléines qui se révèle par une mise en liberté de phosphates, tandis que les résidus cellulaires s'enrichissent en chlore. Dans le sang, la réserve alcaline augmente en même temps que le pH; le taux de l'urée dans les érythrocytes diminue alors que le taux du chlore augmente, d'où une augmentation de la chlorémie totale. Enfin, l'urine montre une hyperphosphaturie et une hypochlorurie.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, 113, 1933, p. 1374.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Au lendemain de notre dernière séance, un horrible attentat mettait en deuil la France et un pays ami, la Yougoslavie. Je suis certain d'être votre interprète unanime en associant l'Académie au deuil national.

Je vous propose de charger votre Bureau de transmettre les condoléances émues de notre Compagnie aux Académies des Sciences de Belgrade et de Zagreb et d'exprimer à cette occasion la part que nous prenons au deuil du peuple yougoslave, qui pleure le grand roi Alexandre, mortellement frappé au moment où, remplissant un des plus hauts devoirs de sa charge, il accomplissait un voyage destiné à affermir la paix de l'Europe.

Notre Confrère, Louis Barthou, est mort en même temps, victime de son devoir, comme son fils était mort sur le champ de bataille vingt ans auparavant. Je n'ai pas à retracer sa belle existence d'écrivain et d'homme d'État. Il est mort lui aussi en travaillant pour l'affermissement de la paix et pour la sécurité de notre pays. Les services que son active et habile diplomatie a rendus à la France sont le plus magnifique couronnement d'une superbe carrière et ne seront pas oubliés.

Nous avons appris tout à l'heure, un nouveau deuil : la mort de notre confrère Raymond Poincaré, ancien Président de la République; je suis

incapable de rendre à l'improviste à ce grand Français un hommage digne de tous les services qu'il a rendus à notre pays et je dois me borner à associer l'Académie à ce nouveau deuil national.

Je vous invite à lever la séance en signe de deuil.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des hautes latitudes sur les rendements agricoles de la Pomme de terre dans l'Amérique du Nord*. Note de M. **J. Costantin**.

On a pu démontrer expérimentalement par des essais nombreux et rigoureux que les hautes altitudes augmentent d'une manière considérable le rendement de la Pomme de terre ([1]). Une démonstration analogue pour les hautes latitudes, qui semble *a priori* en découler logiquement, est beaucoup plus difficile à donner. J'apporte ici en faveur de cette dernière action des chiffres éloquents. Malgré le caractère contingent des statistiques de la production agricole, des documents officiels publiés, d'une part par le Gouvernement canadien et d'autre part par le Département de l'Agriculture des États-Unis que j'ai pu me procurer, offrent un puissant intérêt. Si les faits que je vais publier ne sont pas connus, cela tient au particularisme fâcheux des différentes nations qui ignorent ou dédaignent le système métrique ([2]). En évaluant la récolte pour un hectare et en kilogrammes, tout devient clair.

I. *Canada*. — Pour le Canada, j'ai pu étudier les récoltes des huit dernières années (1925 à 1932). Cette période est intéressante car c'est en 1925 que l'inspection phytopathologique y a été rendue plus rigoureuse (certificats) ([3]). Je rappelle que les coefficients de tolérance de plantes dégénérées malades au Canada sont beaucoup plus bas qu'aux États-Unis : cette sévérité dans l'inspection est fondée sur une action curative (des dégénérescences) très grande au Canada et résultant d'un climat plus rigoureux.

Voici comment se classent les dix provinces canadiennes au point de vue

---

([1]) Lebard, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 199; Lebard et Magrou, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, **15**, 1933, p. 332; **16**, 1934, p. 385.

([2]) Au Canada français, on emploie le minot de Normandie et l'arpent, l'acre et le quintal. Aux États-Unis on emploie l'acre comme en Angleterre et le bushel (boisseau) qui est d'ailleurs différent du bushel anglais.

([3]) J. Costantin, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 534. L'inspection existe depuis 1915; elle fut faite sur une grande échelle par trente inspecteurs.

du rendement moyen de la Pomme d'un acre au cours de huit années (1925-1932).

TABLEAU I (¹).

Provinces.	Rendements (*).	Provinces.	Rendements (*).
1. Nouveau-Brunswick....	109,9	6. Canada................	81,9
2. Colombie britannique...	103,1	7. Québec................	79,7
3. Ile du Prince Édouard..	101,9	8. Alberta................	79,7
4. Nouvelle-Écosse........	95,5	9. Saskatchewan..........	66,4
5. Manitoba...............	88	10. Ontario................	63

(*) Rendements moyens pour une année (1925-1932) à l'acre en quintaux.

On remarque d'abord que les provinces placées en tête sur cette liste sont *maritimes* (sur l'Atlantique : prov. nos 1, 3 et 4; sur le Pacifique : prov. no 2). En Colombie britannique, l'*altitude* peut jouer aussi un rôle; mais les montagnes font défaut dans les provinces nos 1, 3 et 4. C'est la *haute latitude* qui explique pourquoi le Nouveau-Brunswick et l'île Prince Édouard produisent plus que la Nouvelle-Écosse.

Les provinces *continentales* (nos 5, 6, 7, 8, 9 et 10) ont des rendements un peu moins élevés. L'*altitude* de l'Alberta (plus proche des montagnes Rocheuses) explique la supériorité de cette province vis-à-vis du Saskatchewan et l'Ontario.

Pour établir des comparaisons utiles avec les cultures européennes, le tableau suivant donne des évaluations en kilogrammes pour un hectare :

Rendements d'une année pour un hectare en kilogrammes.

Provinces.	Rendements moyens (1925-1932).	Rendements maxima.	Rendements minima.
	kg	kg	kg
1. Nouveau-Brunswick........	27156	35212 (1926)	19768 (1932)
2. Colombie britannique......	25476	29404 (1932)	22980 (1929)
3. Ile du Prince Édouard.....	25179	32592 (1926)	21004 (1932)
4. Nouvelle-Écosse...........	23598	26439 (1930)	20929 (1927)
5. Manitoba..................	21794	32468 (1928)	14579 (1932)
6. Canada....................	20237	22239 (1931)	18137 (1929)
7. Québec....................	19693	23474 (1929)	15073 (1932)
8. Alberta....................	19693	25723 (1927)	9069 (1929)
9. Saskatchewan..............	16407	21547 (1927)	6820 (1929)
10. Ontario...................	15567	17544 (1931)	14134 (1927)

On voit apparaître ici l'influence des *variations* climatériques *annuelles* qui sont

(¹) *Bull. mensuel de la statistique agricole* (*Canada, Sect. de l'Agric.*, publié (en français) par le Ministère du Commerce : vol. 24, no 269, 1931, p. 8; vol. 25, 1932, no 281, p. 6 à 13; vol. 26, 1932, no 293, p. 6 à 11).

parfois considérables, notamment dans le Nouveau-Brunswick (province maritime) et aussi dans l'Alberta et le Saskatchewan (provinces continales). Dans ces trois provinces tout à fait nordiques l'*optimum de latitude* se déplace suivant l'année : une saison plus rude une année entraîne une chute de rendement et le pays le plus septentrional perd le premier rang. L'Ontario classé au dernier rang avec le n° 10 et le Canada, n° 6, présentent des variations annuelles assez faibles.

II. *États-Unis.* — Je n'ai pu compulser que des documents se rapportant à quatre années ([1]).

Voici un tableau donnant les *rendements moyens par acre pour une année* (de 1929 à 1932) *en bushels*, pour les 48 États classés par ordre :

	Bushels.		Bushels.
1. Maine	259	25. Montana	96
2. Idaho	214,5	26. Missouri	90,25
3. Californie	201,5	27. Arizona	88,75
4. New Jersey	170,5	28. Wisconsin	88
5. New Hamphshire	165	29. Indiana	87
6. Utah	161,25	30. Michigan	86
7. Washington	160	31. West Virginia	84
8. Rhode Island	156,75	32. Iowa	83,75
9. Connecticut	154,25	33. Illinois	83,5
10. Vermont	146,25	34. Arkansas	83
11. Nevada	140	35. Delaware	82,5
12. Colorado	139,5	36. Alabama	79,5
13. Massachussetts	137,5	37. Oklahoma	78,25
14. Oregon	126,75	38. New Mexico	78
15. South Carolina	124	39. Minnesota	77
16. New York	124	40. Nebraska	77
17. Virginie	123	41. Kentucky	76,75
18. Pennsylvania	112,25	42. Mississipi	73,75
19. Kansas	100	43. Texas	73,75
20. North Carolina	99,75	44. Tennessee	69
21. Maryland	99,25	45. Louisiane	66,5
22. Wyoming	99,25	46. Géorgie	66,5
23. Floride	98,25	47. North Dakota	63,25
24. Ohio	96,25	48. South Dakota	62

Pour passer des données précédentes en bushels et en acre aux rendements en poids (pounds), puis à ceux en hectares et en kilogrammes, je m'appuie sur la donnée suivante ([2]) : 2 bushels $^3/_4$ valent 1 barrel et 1 barrel pèse 165 pounds.

([1]) *Crops and markets* (*United States Department of Agriculture*, VII, n° 12, 1931, p. 512). *Crops Report* (*Id.*, décembre 1932).

([2]) Schultz, Bonde et Raleigh, *Maine Agricultural Experiment Station Orono* (*University of Maine Bull.*, n° 370, janvier 1934, p. 18).

Je donne ici les rendements calculés en kilogrammes pour un hectare et seulement pour quelques États afin d'abréger.

Rendements moyens (entre 1929 et 1932)
pour une année à l'hectare et en kilogrammes.

1. Maine	17395 kg	28. Wisconsin	5910 kg
2. Idaho	14406	39. Minnesota	5171
3. Californie	13533	40. Nébraska	5171
4. New Jersey	11451	44. Tennessee	4634
11. Nevada	9403	45. Louisiane	4466
15. South Carolina	8328	46. Georgie	4466
19. Kansas	6716	48. South Dakota	4164
23. Floride	6632		

On voit tout de suite que *les rendements de 47 États* de l'Union *sont inférieurs à ceux du Canada : la latitude est moins grande*. Seul l'État du Maine se classe à la fin de la liste canadienne après le n° 8; mais il est à remarquer que le *Maine est l'État le plus septentrional des États-Unis*. Les efforts faits pour rivaliser avec les cultures canadiennes (dont témoignent les travaux de Schultz, Bonde et Raleigh) sont remarquables : dans leurs cultures des fermes dépendant de l'Université, ils font jusqu'à quatre inspections pour vaincre la dégénérescence [1]. Deux suffisent au Canada, parce que le climat agit efficacement. En gros, on peut dire que le rendement diminue dans les *États méridionaux :* Georgie (n° 46), Louisiane (n° 45), Tennessee (n° 44), Texas (n° 43), Mississipi (n° 42).

Il y a cependant des *exceptions* à cette règle mais elles s'expliquent. La Floride, qui est à l'État méridional, reçoit des tubercules d'une manière régulière de deux États du Nord : du Maine et de l'État de New-York; la Caroline du Sud, du Wisconsin. Ces exceptions ne sont donc pas des arguments contre mais, au contraire, *pour l'influence heureuse des tubercules récoltés dans le nord* des États-Unis.

L'*altitude* intervient en Californie (n° 3) et dans l'Idaho (n° 2), dans l'Utah (n° 6); l'Arizona (n° 27), État méridional, renferme aussi des montagnes, West-Virginie (n° 34).

Le *climat maritime et septentrional* intervient certainement pour les États du Nord-Est : New-Jersey (n° 4), (n° 5), (n° 8), (n° 10), (n° 18).

Enfin il faut remarquer que parmi les 48 États de l'Union il n'y en a que 15 employant les certificats pathologiques (1 État tolère 10 pour 100 de malades pour donner le certificat; 2 États, 5 pour 100; 8 États, 2 pour 100; 2 États, 2 pour 100).

Parmi les États qui ignorent les tubercules certifiés, il faut ranger le North-Dakota (n° 47) et le South-Dakota (n° 48); ils sont cependant dans le nord des États-Unis, à la frontière du Canada (pour le n° 47). Leurs faibles récoltes tiennent certainement à l'intensité des dégénérescences qui n'y sont pas combattues (*Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 22).

---

[1] Ils sont arrivés à produire 294 bushels à l'acre et même, dans des essais restreints, 503 bushels (arrachage pendant quatre années successives des pieds malades).

En résumé : 1° L'emploi des certificats phytopathologiques (ignorés en France) est un puissant secours pour accroître les récoltes de Pommes de terre; 2° les faits qui viennent d'être exposés plaident en faveur du *rôle que jouent les hautes latitudes pour augmenter le rendement* et *pour diminuer les maladies de la dégénérescence.*

Il est bon de noter qu'il s'agit en réalité d'une expérience gigantesque qui a été faite sur les immenses territoires du Canada pendant 8 ans, des États-Unis pendant 4 ans.

GÉOCHIMIE. — *Où doit-on chercher l'eau lourde du point de vue géochimique ?* Note (¹) de M. **Wladimir Vernadsky.**

I. La différente concentration de l'eau lourde $H^2_2O_{16}$ (ou D^2O) dans les eaux terrestres excite aujourd'hui l'attention des expérimentateurs de tous les pays. C'est un cas spécial d'un phénomène beaucoup plus général et plus important, de la variation *des mélanges isotopiques* des éléments chimiques, déterminée par les phénomènes géochimiques (biogéochimiques aussi), c'est-à-dire de la *variation géochimique des poids atomiques* des éléments chimiques (²). Ce phénomène général évoque encore des doutes, mais en ce qui concerne l'*hydrogène* dans le cas spécial des eaux terrestres (les eaux des organismes vivants y inclus), ces doutes n'existent pas.

Je ne m'arrêterai pas dans cette Note au cas général, ainsi qu'à celui de l'eau lourde dans les organismes vivants (³), car dans ce cas le problème est clair. Mais il n'en est pas ainsi pour les autres corps naturels. On cherche l'eau lourde en ne tenant pas compte que c'est un phénomène géochimique de la *migration des atomes* et que par conséquent la géochimie peut servir de guide à ces recherches.

II. Trois grands phénomènes géologiques doivent à ce point de vue fixer notre attention : 1° le phénomène de la *durée géologique*, différente pour les divers phénomènes et les matières terrestres; 2° celui de l'action différente de la *gravitation* dans les phénomènes et sur les corps terrestres, et 3° le phénomène du *métamorphisme* (de l'enveloppe métamorphique de

---

(¹) Séance du 27 août 1934.

(²) W. Vernadsky, *La géochimie*, 4ᵉ édition (russe), L, 1934, p. 237-238.

(³) Au point de vue général : W. Vernadsky, *Bulletin de l'Académie des Sciences de l'Union*, L, 1926, p. 215.

l'écorce terrestre). Le poids spécifique de l'eau lourde, nettement différent de l'eau ordinaire, détermine la variation de son contenu dans tous ces trois cas. Il s'agit toujours d'une séparation des eaux en deux milieux aquatiques : 1° plus riche, et 2° moins riche en *hydrogène lourd*.

Résumons succinctement les phénomènes qui peuvent être soumis à notre étude. Commençons par la durée géologique.

III. La durée géologique peut se manifester ici dans le cas où le processus qui produit cette séparation *agit tout le temps sans interruption, toujours dans le même sens unique*.

Cela doit avoir lieu dans beaucoup de cas, dont les suivants peuvent servir d'exemple :

1. *Le phénomène de l'extinction des glaces (dégel) rassemblés pendant la période glaciaire.* — Les glaces qui existent encore doivent être plus riches en D^2O en comparaison avec les glaces contemporaines. Car on doit penser que les molécules légères de H^2O se volatilisent, en moyenne, plus vite que celles de D^2O. Ce processus, toujours le même, se produisant dans le même sens, dure des dizaines de milliers d'années. On doit étudier sous ce rapport les restes des glaciers de l'époque quaternaire (les sols glacés, les glaces fossiles de l'Amérique du Nord, de la Sibérie, etc.).

2. *Le phénomène de l'exsiccation des lacs anciens, non liés avec les rivières, sans issues.* — On doit les chercher parmi les lacs salés, car les lacs doux sont toujours des lacs géologiquement récents. Les nombreux lacs de la Russie orientale, de la Sibérie occidentale, de l'Utah ou Colorado, en Amérique du Nord, etc., doivent être pris en considération. La durée géologique de ce phénomène est du même ordre que celle des glaces existant depuis la période glaciaire.

3. *Les gisements des hydrates de sels qui se sont formés par suite de l'exsiccation complète des lacs salés anciens.* — On doit y tenir encore compte des inclusions des eaux mères de ces lacs. Le même phénomène doit être pris en considération pour les gisements salins d'origine marine.

4. Les vapeurs d'eau qui se dégagent au cours des *éruptions volcaniques*, qui durent quelquefois (avec des périodes de repos) depuis l'ère tertiaire, ainsi que l'eau des fumerolles, des geysers, des soffioni, des volcans de boue. Il est cependant possible qu'une grande partie de cette eau soit d'origine météorique géologiquement récente.

IV. L'action de la *gravitation* peut être considérée comme cas spécial de la même manifestation de la durée géologique. Rien n'indique cependant que dans ce cas la durée doive être aussi considérable. Par suite de la

seule gravitation les molécules lourdes de D^2O doivent s'accumuler au fond du bassin. On peut prévoir sa manifestation dans les bassins superficiels marins (peut-être quelques lacs profonds?). Les parties des bassins océaniques qui restent à l'état d'immuabilité relative pendant une durée maximum sont les plus propices aux essais à entreprendre. Les mouvements verticaux de l'Océan paraissent être très complexes et suffisamment intenses pour masquer cette action nécessaire de la gravitation. On peut s'y attendre à une manifestation plus nette dans les grandes profondeurs (fosses) au-dessous de 6000^m, où l'action du mouvement vertical océanique se manifeste peut-être le moins.

V. Enfin on doit étudier les *eaux métamorphiques*. On ne peut le faire que dans leurs produits solides, dans les *minéraux solides* de l'enveloppe métamorphique de l'écorce terrestre ([1]). Ces eaux se trouvent dans de grandes profondeurs de plusieurs kilomètres au-dessous du niveau du géoïde; elles se trouvent dans un champ thermodynamique de plusieurs centaines de mégabars de pression (peut-être de milliers) et à des températures voisines de la température critique de l'eau. Parmi les produits formés de solutions aqueuses métamorphiques, les *chlorites*, les *micas noirs* et les *chloritoïdes*, riches en eau, doivent être étudiés en premier lieu au point de vue qui nous intéresse. Ces alumosilicates sont les derniers restes des solutions qui ont perdu les molécules aqueuses les plus volatiles pendant la durée géologique. Ils se forment dans des conditions analogues à la formation des sels hydratés des lacs salés, cependant dans un milieu thermodynamique tout différent de celui auquel nous sommes habitués ([2]).

Les expériences avec les chlorites, les micas et avec quelques plantes déterminées sont installées dans le Laboratoire biogéochimique de l'Académie des Sciences de l'Union.

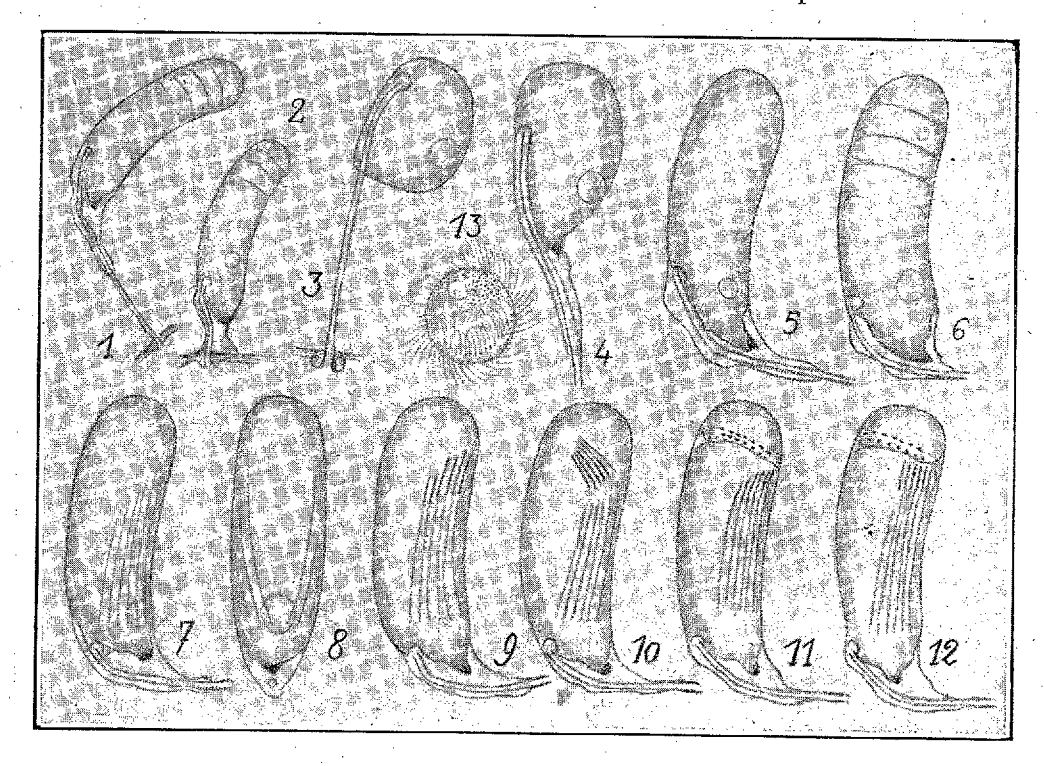
PROTISTOLOGIE. — *Sur un infusoire parasite des poils sécréteurs des Crustacés Édriophtalmes et la famille nouvelle des* Pilisuctoridæ. Note ([3]) de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**.

Divers Amphipodes et un Isopode Sphéromien des canaux de Sète et de l'étang de Thau portent, coiffant leurs poils sécréteurs, des parasites

([1]) W. Vernadsky, *Histoire des eaux terrestres* I. L., 1933 (en russe), p. 198-199.
([2]) W. Vernadsky, *Zeitschr. f. Kryst.*, 84, 1933, p. 353 (en français); *Géochimie*, L, 1934, p. 125.
([3]) Séance du 8 octobre 1934.

immobiles, d'aspect lisse, hyalin et réfringent, et enclos dans une coque sans orifice. Quand le poil est plus long que le parasite, il lui forme une hampe sur laquelle celui-ci s'effile (*fig.* 1, 4, 5, etc.). Quand il est plus court, il est entièrement enveloppé et caché par l'Infusoire dont la coque s'étale en cercle sur le plan cutané de l'hôte (*fig.* 2).

Sous cette coque, le parasite au terme de sa croissance, de forme cucurbitoïde (*fig.* 5, 6), subit une segmentation distale, itérative, linéaire, qui isole dans autant de chambres des tomites discoïdaux empilés comme des



conidies d'Eccrinides ou des gonomères d'Ellobiopsides. Les plus anciens s'échappent munis de cils, nagent en glissant sur l'hôte et s'installent sur un poil intact. A cet Infusoire nouveau, nous donnons le nom de *Conidophrys pilisuctor n. gen., n. sp.*

Sur le *Corophium acherusicum* Costa, qui est, à Sète, son hôte de prédilection, il est presque toujours porté à l'extrémité des poils. Les formes jeunes sont discoïdes comme les tomites et accolées à la phanère par leur tranche (*fig.* 3). Elles ont de 12 à 15$^{\mu}$ de diamètre sur 6 à 7$^{\mu}$ d'épaisseur. Elles coiffent l'orifice apical du poil d'une petite cupule creusée dans leur

région distale. Sur la marge opposée, elles montrent une vacuole pulsatile proximale; colorées, un macronucleus et un micronucleus. Pas de traces de cils.

En s'accroissant, elles deviennent rapidement piriformes du fait qu'à leur pôle proximal elles s'effilent comme par capillarité, engainant la phanère sur une longueur au moins égale à celle de leur région renflée (*fig.* 4). Elles sécrètent alors une pellicule qui les enveloppe avec le poil et qui, en s'épaississant, devient une coque. Tout le long de l'effilure le protoplasme se rétracte et se condense dans la partie renflée de la coque. L'accroissement s'effectuant surtout au pôle antérieur, la cupule d'insertion sur le poil devient proximale. Le parasite, qui mesure alors de 50 à 60^{μ} de long, non compris l'effilure, sur quelque 15^{μ} de diamètre, a pris une forme cylindrique et un galbe incurvé avec concavité du côté libre. La phanère subit toujours une flexion de même sens dans sa partie couverte.

C'est alors que commence la multiplication. Un premier sillon de clivage sépare, au pôle distal, un premier segment discoïde, d'épaisseur égale au sixième environ de la longueur du trophonte qui s'en isole par une cloison. Périodiquement le phénomène se répète, de sorte que deux, trois, exceptionnellement cinq ou six tomites s'empilent ainsi avant que le plus ancien se libère. Dans certains cas où ils en sont empêchés, on en peut compter jusqu'à dix, nombre qui fixe le total minimum des rejetons qui peuvent être produits.

Ces tomites présentent une profonde dépression postérieure, excentrique, sur leur face proximale, un amas de granules réfringents du côté opposé et une ciliature qui, sauf une strie circumbuccale, est localisée sur la tranche, où elle est très difficile à analyser.

L'étude de la topographie et de la genèse de cette ciliature a confirmé exactement l'existence, que nous avons mise en évidence antérieurement chez d'autres Ciliés, à ciliature récessive, d'une infraciliature qui établit la continuité génétique de l'appareil ciliaire à travers les générations successives (1).

Chez le trophonte, on révèle par l'imprégnation argentique (2) l'existence de chaînes de granules infraciliaires sans cils, constituant deux champs à peu près symétriques par rapport au plan sagittal du parasite :

(1) E. Chatton et A. Lwoff, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 1190.

(2) E. Chatton et A. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, **104**, 1930, p. 834.

un champ de six et un champ de quatre stries sublongitudinales, que nous considérons comme respectivement gauche et droit (*fig.* 7, 8).

Lors de la formation d'un tomite, on voit sur le cinquième distal de chaque strie les granules infraciliaires pousser des corpuscules ciliaires, puis des cils (*fig.* 9). Les segments ciliés s'isolent des autres, formant les champs du futur tomite (*fig.* 10). Ceux-ci effectuent par rapport aux champs anciens une rotation de 80°. Le clivage s'effectue de telle sorte que les nouveaux champs restent au tomite, sur la tranche duquel ils se disposent en pseudo-ceinture, sauf une strie du champ sextuple qui s'incurve autour de la dépression ventrale (*fig.* 11, 12, 13). Dans ces stries, les blépharoplastes s'écartent les uns des autres; ils ne se multiplieront, revenus à l'état de granules infraciliaires, qu'au cours du développement du tomite en un nouveau trophonte.

La structure du tomite, pour autant qu'elle représente celle de l'ancêtre libre du *Conidophrys*, suggère de placer celui-ci dans les Holotriches Hypostomes, au voisinage des *Chlamydodontidæ*. Mais l'ensemble des caractères du parasite, notamment ceux si spéciaux de son trophonte, et l'existence même de celui-ci, oblige à l'isoler dans un groupe spécial que nous nous contenterons pour l'instant de maintenir au rang de famille des *Hypostomata*, les *Pilisuctoridæ*, n. fam.

Ce nom évoque le parasitisme singulier du *Conidophrys* : sa nutrition aux dépens de la sécrétion du poil, attestée par sa localisation stricte sur l'orifice sécréteur, son isolement dans une enveloppe close, l'hypertrophie de la cellule sécrétrice des seules phanères attaquées chez certains Amphipodes, sa dégénérescence rapide sur les mues, les cadavres, les appendices détachés, les hôtes bien vivants mais atteints de septicémie bactérienne.

M. **Charles Barrois** fait hommage à l'Académie du *Précis de Géologie angevine*, par Olivier Couffon, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

Sir **Robert Hadfield** adresse l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. **Raymond Poincaré**, ancien Président de la République.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gaston Pigeaud. *Résistance des matériaux et élasticité*. Cours professé à l'École des Ponts et Chaussées.

2° Johs. V. Andersen. *Ueber Carcinome, Sarcome und Lymphomatosis infiltrans bei weissen Maüsen. Versuche menschlichen Cancer auf Versuchstiere zu übertragen.*

3° *Nouveaux mécanismes de liaisons rotatives*, par F. E. Myard.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude des interactions entre des ailes sustentatrices en courant plan. Application au cas des cellules biplanes.* Note de M. **Albert Toussaint**, présentée par M. Henri Villat.

La vitesse induite w_i, par une aile sustentatrice en des points z modérément rapprochés, peut s'écrire approximativement sous la forme

$$w_i = \frac{V_0 a^2 e^{-i\alpha}}{z^2} - \frac{V_0 c^2 e^{i\alpha}}{z^2} + \frac{\Gamma}{2i\pi z}, \tag{1}$$

α étant l'angle de V_0 avec l'axe de portance nulle du profil dont le centre M du cercle générateur (rayon a) est situé à l'abscisse $(a-c)$; Γ étant la circulation.

w_i équivaut donc à la vitesse produite au point z par les deux doublets $-V_0 a^2 e^{-i\alpha}/z$ et $V_0 c^2 e^{i\alpha}/z$ et par le tourbillon $\Gamma/2i\pi \operatorname{Log} z$, respectivement situés en $z=0$.

Pour l'incidence $\alpha = 0$ (angle de portance nulle du profil isolé) les doublets se réduisent à $-V_0(a^2-c^2)/z$. Sous cette forme on voit que l'épaisseur relative maximum du profil intervient dans le *système de remplacement* de l'aile parce que, pour les profils usuels, on a

$$\frac{a^2-c^2}{l^2} = \eta\frac{e_m}{l} = \eta e \qquad \text{avec} \qquad \eta \cong 0,75, \tag{2}$$

e_m étant l'épaisseur maximum et l la corde.

L'expression de $w_i = w_{jk} = u_{jk} - iv_{jk}$ permet de calculer les composantes u_{jk} et v_{jk} produites par un profil k *influençant*, en tout point d'un profil j *influencé*. Nous choisirons, en général, Ox parallèle au premier axe du profil j.

La variation de la circulation Γ_j d'un profil d'aile sous l'action d'un tourbillon extérieur Γ_k est égale au produit $\pi l_j v_{jk}^{(B')}$; $v_{jk}^{(B')}$ étant la composante

normale de la vitesse induite par le tourbillon Γ_k au droit du point B′ antécédent de la pointe du profil j.

Il en sera de même pour la variation de circulation du profil j sous l'action des doublets

$$\frac{-V_0 a_k^2 e^{-i\alpha_k}}{z} \quad \text{et} \quad \frac{V_0 c_k^2 e^{+i\alpha_k}}{z}$$

que comporte le *système de remplacement* du profil k.

La circulation résultante du profil j sera donc

$$(3) \qquad \Gamma_j = \Gamma_{jj} + \pi l_j \Sigma \varphi_{kj}^{(B')} = \Gamma_{jj} + \Delta\Gamma_{jk},$$

Γ_{jj} étant la circulation qu'aurait le profil j en l'absence de toute influence des profils k, et $\Sigma\varphi_{jk}^{(B')}$ étant *la vitesse normale résultante* pour l'action en B′ (de j) des doublets et du tourbillon de remplacement du profil k.

On aura de même, pour le profil k influencé par j,

$$(4) \qquad \Gamma_k = \Gamma_{kk} + \pi l_k \Sigma \varphi_{jk}^{(B')} = \Gamma_{kk} + \Delta\Gamma_{kj}.$$

Les équations (3) et (4) fournissent les circulations résultantes Γ_j et Γ_k en fonction des incidences α_j et α_k et des positions respectives des profils j et k.

Le calcul des $\Delta\Gamma_{jk}$ par les $\varphi_{jk}^{(B')}$ se faisant dans le plan du cercle générateur du profil j, le système de remplacement du profil influençant, k, sera placé en Ω_k point antécédent du centre O_k du profil k.

Nous appliquerons ce calcul au cas des cellules biplanes à entreplan et décalage variables ; les ailes constitutives (1) et (2) ayant la même corde l et la même incidence α (interinclinaison nulle). Les caractéristiques de la cellule sont : l'entreplan h (ou h/l), le décalage d ou d/l, ou $\tan\delta = d/h$, positif quand l'aile supérieure (n° 2) est en avant, la distance

$$r = O_1O_2 = \sqrt{h^2 + d^2},$$

l'angle

$$\delta' = \Omega_2 O_1 y_1 = \Omega_1 O_2 y_2.$$

On trouve ainsi

$$(5) \qquad \frac{\Gamma_2}{\pi l(1+\eta e)V_0}\left(1 + \frac{B_1B_2l^4}{64D_1D_2}\right) = \alpha\left\{1 + \frac{B_2l^2}{8D_2} - (1-\eta e)\frac{l^2}{8D_2}\left[\frac{A_2l^2}{D_2} + \frac{A_1B_2l^4}{8D_1^2}\right]\right\} + \frac{\eta e}{16}\frac{B_2l^2}{D_2}\frac{b}{l}\cos\delta'\left[\frac{l^2}{D_2} + \frac{B_1l^4}{8D_1^2}\right].$$

$$(6) \qquad \frac{\Gamma_1}{\pi l(1+\eta e)V_0}\left(1 + \frac{B_1B_2l^4}{64D_1D_2}\right) = \alpha\left\{1 - \frac{B_1l^2}{8D_1} - (1-\eta e)\frac{l^2}{8D_1}\left[\frac{A_1l^2}{D_1} - \frac{A_2B_1l^4}{8D_2^2}\right]\right\} + \frac{\eta e}{16}\frac{B_1l^2}{D_1}\frac{b}{l}\cos\delta'\left[\frac{l^2}{D_1} - \frac{B_2l^4}{8D_2^2}\right].$$

avec

$$A_{(2,1)} = \frac{b^2}{l^2}\cos 2\delta' - \frac{1}{16} \pm \frac{b}{2l}\sin\delta'; \qquad B_{(2,1)} = 4\left(\frac{b}{l}\sin\delta' \mp \frac{1}{4}\right);$$

$$D_{(2,1)} = l^2\left[\frac{b^2}{l^2} + \frac{1}{16} \mp \frac{b}{2l}\sin\delta'\right].$$

On en déduit

(7) $$C_{y_2} = \frac{2\Gamma_2}{V_0 l}\left[1 + \frac{\Delta u_{(1)}}{V_0}\right] \quad \text{et} \quad C_{y_1} = \frac{2\Gamma_1}{V_0 l}\left[1 + \frac{\Delta u_{(2)}}{V_0}\right]$$

avec

(8) $$\left(1 + \frac{\Delta u}{V_0}\right)_{(1,2)} = 1 + \frac{h^2}{l^2}\,\frac{\eta e}{8}\,\frac{\cos 2\delta}{\cos^2\delta}\,\frac{l^4}{D^2_{(2,1)}} \pm \frac{\Gamma_{(1,2)}}{2\pi l V_0}\,\frac{h}{l}\,\frac{l^2}{D_{(2,1)}}.$$

Les résultats calculés avec $\eta e = 0,1$ pour les entreplans $1/3$, $1/2$, $2/3$ et 1 sont en bon accord avec les expériences de M. H. Girerd [1], notamment pour les valeurs de C_{y_2} et de C_{y_1} à l'incidence $\alpha = 0$.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur le jeu des ondes, du spin et des nombres.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Voici comment nous sommes conduit à concevoir l'atome d'hydrogène. La relation $m_0 v/\sqrt{1-\beta^2} = h\nu/c$ [2], qui caractérise l'interaction d'une particule de masse m_0 et de vitesse v avec une onde électromagnétique de fréquence ν, montre qu'il existe un rapport constant entre la quantité de mouvement de la particule et la fréquence de l'onde, quelle que soit la grandeur de la masse m_0. Mais cette relation peut également se mettre sous la forme $v/c = \nu\tau_0\sqrt{1-\beta^2}$, et elle nous apprend alors que le rapport de la vitesse de la particule, à la vitesse de la lumière, est égal au rapport de la période de structure, $\tau = \tau_0\sqrt{1-\beta^2}$, à la période $1/\nu$ de l'onde.

Pour déterminer les caractéristiques de la masse composée M_0 (de vitesse V, de rayon vecteur $\mathcal{R}$ et de rapport $V/c = B$), dont l'effet équivaut à l'action simultanée de l'électron (de masse m_0, de vitesse v, de rayon vecteur r et de rapport $v/c = \beta$) et du proton (de masse m'_0, de vitesse v', de rayon vecteur r' et de rapport $v'/c = \beta'$), remarquons que, dans le mouvement autour de leur centre de gravité, ces deux dernières particules

(1) *Contribution à l'étude expérimentale du biplan d'envergure infinie* (*Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, Paris, 1934).

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1309.

acquièrent des quantités de mouvement égales. Elles tendent donc à faire naître deux ondes de même fréquence ν, la résultante de celles-ci est encore une onde de fréquence ν et, par suite, la quantité de mouvement de M_0 ne diffère pas de celle de l'électron et du proton. Écrivons qu'il y a conservation du moment cinétique :

$$\frac{M_0 V}{\sqrt{1-B^2}}\mathcal{R} = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}} r + \frac{m'_0 v'}{\sqrt{1-\beta'^2}} r',$$

d'où, étant donné que les coefficients de $\mathcal{R}$, de r et de r' sont égaux, $\mathcal{R} = r + r'$ et, par conséquent, $V = v + v'$. Dès lors, en désignant par $T = T_0\sqrt{1-B^2}$ la période de structure qui correspond à la particule de masse M_0, la seconde remarque présentée plus haut permet de poser

$$T_0\sqrt{1-B^2} = \tau_0\sqrt{1-\beta^2} + \tau'_0\sqrt{1-\beta'^2}$$

et, en tenant compte des relations

$$h = M_0 c^2 T_0 = m_0 c^2 \tau_0 = m'_0 c^2 \tau'_0,$$

il vient :

$$(1) \qquad \frac{\sqrt{1-B^2}}{M_0} = \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{m_0} + \frac{\sqrt{1-\beta'^2}}{m'_0}.$$

Telle est l'expression exacte de M_0; elle complète la formule approximative donnée par la mécanique ondulatoire, et elle établit un accord mathématique avec les résultats que Sir G. Darwin a obtenus par voie mécanique (1).

Les orbites fondamentales. — Nous savons que la direction de la propagation d'un rayonnement électromagnétique est caractérisée par un véritable courant électrique et, de ce qui précède, on doit conclure que l'action simultanée de l'électron et du proton fait naître un courant circulaire qui apparaît comme étant parcouru, dans le même sens, à la vitesse V par une particule de masse M_0 et à la vitesse c par une ondulation de fréquence ν. En vue d'exprimer que le système est stable, écrivons que la longueur développée de la trajectoire en cause est égale à un nombre entier n de longueurs d'onde :

$$(2) \qquad 2\pi\mathcal{R} = 2\pi(r+r') = n\,\frac{c}{\nu} = n\,\frac{h\sqrt{1-B^2}}{M_0 V} = n\,\frac{c^2}{V}\,T = n\,\frac{c^2}{V}(\tau+\tau').$$

---

(1) *Philosophical Magazine*, 39, 1920, p. 537; voir également une Note de M. R. Dugas, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1323.

Ce résultat contient la condition de M. Bohr et, au surplus, il montre que la période de structure T, *rapportée à la longueur d'onde* c/ν, semble se propager à la vitesse c^2/V.

La condition de M. Bohr n'est d'ailleurs pas suffisante pour que la stabilité de l'atome soit assurée. En effet, le moment cinétique total peut s'écrire $e^2/(v+v') = e^2/V$, et la condition en question donne : $c/V = nhc/2\pi e^2$; or, nous avons exposé, dans notre dernière Note, que le processus qui entrait en jeu faisait intervenir la période $1/\nu_1$ de l'onde par rapport à la particule, ce n'est qu'en moyenne, à des intervalles de temps multiples de $1/\nu_1$, que l'échange d'énergie entre celle-ci et celle-là est nul et, dans ces conditions, l'état peut être effectivement stable si, au cours de l'une de ses révolutions, la particule se trouve avoir été balayée un nombre entier de fois par l'onde. V_1 étant la vitesse de la particule sur sa première trajectoire, le nombre à considérer est $n(nc/V_1 - 1)$, et l'on comprend ainsi pourquoi l'inverse de la constante de structure fine, $hc/2\pi e^2 = c/V_1$ est un nombre entier, 137 ; il y avait là une obligation qui devait se trouver satisfaite dans le plan d'organisation de la nature [1].

Mais il nous reste encore à vérifier que les orbites fondamentales définies sont compatibles avec le spin, dont la période vaut 3T. Cette fois, c'est le nombre des rencontres de la particule avec l'onde de structure qui importe; l'expression de ce nombre est

$$(3) \qquad N = n\left(n\frac{c}{V_1} - 1\right)\left(n\frac{c}{V_1} + 1\right) = n(137\,n - 1)(137\,n + 1),$$

et elle représente bien un entier divisible par 3 quel que soit n.

Si l'on tient compte de ce que $r/r' = \tau/\tau'$, la formule (2) montre que les longueurs développées des trajectoires se présentent sous des formes identiques :

$$(4) \qquad 2\pi\mathcal{R} = 137 n^2 c\mathrm{T}, \qquad 2\pi r = 137 n^2 c\tau, \qquad 2\pi r' = 137 n^2 c\tau'.$$

Enfin, la durée de révolution $\mathfrak{T}$ s'écrit très simplement :

$$(5) \qquad \mathfrak{T} = \frac{2\pi\mathcal{R}}{V} = n\frac{c^2}{V^2}\mathrm{T} = 137^2 n^3 \mathrm{T}.$$

---

[1] La grandeur même du nombre 137 peut être rattachée aux conceptions de Sir A. Eddington sur l'interaction de deux particules; par ailleurs, 137 jouit de propriétés très remarquables dans la théorie des nombres.

ÉLECTRICITÉ. — *La loi de charge d'une particule sphérique dans un champ ionisé.* Note de MM. **Marcel Pauthenier** et **Léon Agostini**, présentée par M. A. Cotton.

La charge limite d'une sphère conductrice de rayon a dans un champ ionisé cylindrique d'intensité E a été trouvée [1] égale à $3Ea^2$. Le calcul donne, pour la fraction λ de cette charge acquise au temps t, l'expression

$$(1) \qquad \lambda = \frac{t}{t+\tau} \qquad \text{où} \qquad \tau = \frac{1}{\pi k \rho},$$

k désignant la mobilité des ions et ρ la densité de charge de l'espace à l'endroit où est la bille, cette quantité s'écrit dans le cas du champ cylindrique utilisé $\tau = 4r/kE$ (r distance à l'axe) puisque dans ce cas $\rho = E/4\pi r$.

La vérification de cette loi de charge a été faite sur des billes d'acier de 3 et 4^{mm} de diamètre, ce qui permet la mesure électrométrique directe de la charge de la bille. Le champ utilisé est obtenu au moyen d'un fil de cuivre de $0^{mm},2$ porté à un potentiel négatif tendu dans l'axe d'un cylindre vertical de 40^{cm} de diamètre mis à la terre; on sait qu'avec ce dispositif on obtient un champ ionisé constant à partir de quelques centimètres de l'axe quand le potentiel de celui-ci dépasse une dizaine de kilovolts. La bille tombe à une distance invariable de l'axe dans un tube isolant qui la soustrait à l'action des ions. A l'extrémité de ce deuxième tube la bille est recueillie dans le cylindre d'un électromètre. Celui-ci est un électromètre à fil à montage hétérostatique constitué par un fil de quartz platiné suspendu entre deux plateaux, les visées étant faites au moyen d'un viseur micrométrique. La durée de la charge peut être modifiée en faisant varier l'intervalle k des deux tubes et la cote du point de départ.

La vitesse des billes à la sortie de tube a été déterminée directement par photographie en lumière interrompue; elle est inférieure d'environ 1 pour 100 à la vitesse de chute à l'air libre; elle a varié dans ces expériences de 1,2 à 4,3 m/sec.

Le champ est mesuré au moyen d'une sonde thermoionique associée à un voltmètre électrostatique; les champs utilisés sont compris entre 0,45 et 1,83 kv/cm.

---

(1) M. Pauthenier et R. Guillien, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 115.

Il est nécessaire, pour le calcul du temps de séjour de la bille dans le champ, de prendre une valeur du trajet inférieur à la distance des deux tubes; la correction à appliquer étant obtenue par extrapolation des mesures faites pour des distances variables des deux tubes.

En utilisant les valeurs de t ainsi calculées et les valeurs de la charge q de la bille pour un champ donné, on trouve que le rapport $q : t/t+\tau$ est constant à 3 pour 100 près environ pour des valeurs de t allant de $6{,}35 . 10^{-3}$ sec $(0{,}18\,\tau)$ à $113{,}0 . 10^{-3}$ sec $(3{,}24\,\tau)$.

Les charges mesurées pour une même valeur de E et de t sont bien proportionnelles au carré du rayon a de la bille avec la même précision, ce qui prouve que λ ne dépend pas de a.

Enfin des mesures faites avec différentes valeurs du champ pour une même bille et un même temps de séjour montrent que q/E est proportionnelle à $t/t+\tau$ et que par suite à la précision de ces expériences λ ne dépend pas de la vitesse v de la bille puisque ce nombre ne varie pas quand v/kE varie.

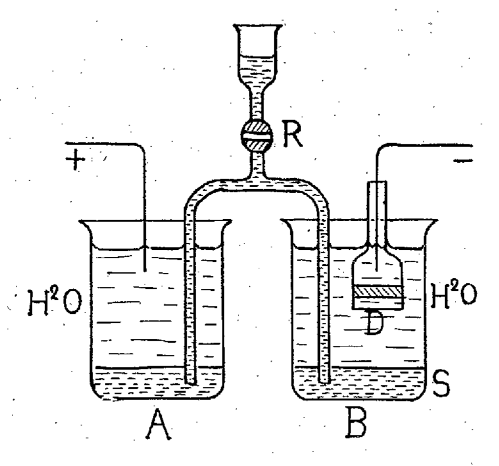
En définitive, la loi de charge théorique donnée par la formule (1) pour une sphère en repos dans le champ se trouve encore vérifiée à 3 pour 100 près quand la vitesse de la sphère atteint la moitié de celle des ions.

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse des solutions salines au moyen d'électrodes en eau distillée.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Grâce à un dispositif simple, on peut réaliser l'électrolyse des sels en plongeant des électrodes dans de l'eau de conductibilité surmontant une solution saline. On remplit d'eau distillée deux récipients A et B réunis par un siphon muni à sa partie supérieure d'un robinet R et d'un tube à entonnoir. Le siphon étant d'abord plein d'eau distillée jusqu'en R, on ouvre avec précaution le robinet R après avoir rempli de solution saline l'entonnoir. Lorsqu'une quantité suffisante de liquide s'est écoulée, il se forme au fond des récipients A et B une couche peu épaisse de solution qui, à cause de sa densité et de la lenteur de la diffusion, ne se mélange pas à l'eau distillée garnissant la partie supérieure des vases. A ce moment on place dans l'eau pure deux électrodes de platine auxquelles on applique une différence de potentiel de l'ordre de 300 volts.

L'électrolyse qui se produit dans ces conditions est d'un aspect différent

de celui que l'on constate habituellement. D'abord de l'oxygène et de l'hydrogène se dégagent au contact des électrodes métalliques. De plus avec des sels comme le sulfate de cuivre qui donne lieu habituellement à un dépôt de cuivre, il se produit à la surface de séparation de la solution S et de l'eau distillée un dépôt d'oxyde de cuivre hydraté. Ce dépôt d'abord colloïdal est attiré par cataphorèse vers la cathode où il n'est pas réduit à l'état de cuivre métallique. On peut d'ailleurs l'empêcher d'atteindre la cathode en interposant un diaphragme poreux (papier, verre fritté). Il vient colmater la surface filtrante D opposée à son passage et n'atteint pas l'électrode de platine. Nous avons ainsi électrolysé plusieurs sels à oxydes



insolubles et facilement réductibles, Le cuivre, le nickel, l'argent, le zinc se déposent à l'état d'*oxydes hydratés*.

L'oxyde de plomb très fin n'est pas retenu intégralement par la surface filtrante (Iena n° 3) que nous avons employée. La plus grande partie se dépose sous forme d'oxyde, le reste sous forme de plomb métallique au contact de la cathode de platine. Nous avons vérifié avec le sulfate de cuivre que le dépôt d'oxyde correspond au poids de métal prévu par la loi de Faraday.

Avec les sels à oxyde difficilement réductible comme les sels de magnésium, l'électrolyse donne à la cathode de l'*oxyde de magnésium hydraté*. Nous l'avons vérifié également pour l'uranium et le thorium.

Enfin pour les sels à oxyde soluble nous avons constaté dans l'eau distillée en A et B la présence d'acide libre et de base libre. L'électrolyse de l'azotite de sodium permet d'obtenir dans ces conditions une solution étendue d'acide azoteux.

Ces résultats peuvent être interprétés facilement par la théorie des ions : à la cathode les ions OH de l'eau se rencontrent à la surface de séparation des liquides avec l'ion métal de la solution et donnent naissance à l'oxyde hydraté qui précipite ?

Ce dispositif expérimental permet de séparer par électrolyse les anhydrides et les oxydes basiques contenus dans les sels.

On n'eût pas manqué autrefois de considérer un tel phénomène comme un argument en faveur de la théorie dualistique des sels.

En résumé nous avons indiqué un mode très général d'électrolyse des sels qui permet leur séparation en oxyde basique et en oxyde acide à l'exclusion de tout dépôt métallique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Pile électrique utilisant l'énergie d'oxydation de l'alcool.* Note de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Paul Janet.

Becquerel, en 1828, a formé une pile électrique de deux solutions concentrées d'acide azotique et de soude caustique, séparées par une paroi poreuse et dans lesquelles plongeaient des électrodes en platine. Si l'électrode négative est en platine platiné noir, la force électromotrice est plus élevée (environ 1,5 à 1,8 volt suivant la concentration des solutions) et plus régulière qu'avec le platine poli. Lorsque la pile ainsi constituée débite du courant, de l'oxygène se dégage à l'anode qui se polarise rapidement.

Mais si l'on ajoute à la solution alcaline de l'alcool méthylique, la f. e. m. augmente arrivant, pour de fortes concentrations, à 2,10 volts et, lorsque la pile débite, il n'y a plus de dégagement gazeux à l'anode. Le platine platiné catalyse l'oxydation de l'alcool; il se forme presque exclusivement de l'acide formique (formiate de soude), en proportion correspondant à la quantité d'électricité débitée par la pile.

De nombreuses expériences ont été faites à l'aide d'un dispositif comprenant : un verre qui contient la solution alcaline, un vase poreux en kaolin immergé dans cette solution et contenant l'acide, l'électrode positive en graphite Acheson et l'électrode négative formée d'une ou de deux lames minces en platine platiné de 2×9^{cm}.

Avec une solution alcaline contenant, pour 250^{cm^3}, 50^g de soude et 50^{cm^3} d'alcool méthylique et une solution à 33 pour 100 d'acide azotique, la f. e. m., après quelques heures de fonctionnement et quelques minutes de

repos, est de 1,83 volt; la résistance intérieure de la pile, due surtout au vase poreux, est d'environ 0,53 ohm; le courant débité *i* en milliampères au temps *t* en minutes, la tension aux bornes *v* en volts et *la polarisation anodique a* en volts, mesurée à l'aide d'une électrode témoin, convenablement placée dans la solution alcaline, sont les suivants :

i...	0	2	6	17	56	122	250	475	800
t...	0	5	14	22	29	32	35	43	120
v...	1,71	1,65	1,60	1,54	1,47	1,40	1,28	1,05	0,80
a...	0	0,06	0,12	0,18	0,23	0,28	0,33	0,43	0,58

Après interruption du courant, la tension aux bornes monte immédiatement à 1,56 volt, après une minute à 1,76 volt et après trois minutes à 1,81 volt, valeur supérieure à celle du début de la décharge. En continuant la décharge, après dix minutes d'interruption, on trouve :

Interruption...			2 minutes.			3 minutes.			
i............	880	800	–	880	1000	–	1100	1000/840	828
t............	130	270	–	272	360	–	363	405	470
v............	0,84	0,70	–	0,78	0,50	–	0,57	0,49/0,42	0,39
a............	0,52	0,60	–	0,51	0,66	–	0,54	0,57/0,78	0,84

Cinq minutes après interruption du courant la f. e. m. est de 1,83 volt.

Les chiffres se rapportent à la température de la chambre et à l'anode formée des deux lames de platine, sauf le dernier intervalle (405'-470') où l'on a supprimé une lame, dans le but d'obtenir une densité de courant plus élevée.

Les tableaux précédents montrent une polarisation de l'anode, une élévation du potentiel anodique. Cet effet est dû à ce qu'*inévitablement*, une très faible partie du courant produit par la pile met en liberté de l'oxygène, qui s'accumule à la surface du platine. Si la densité du courant n'est pas trop grande, un équilibre s'établit par suite de la diffusion et de la réduction de l'oxygène (phénomène analogue à celui bien connu de l'électrolyse invisible), la polarisation garde une valeur constante. Mais si la densité anodique du courant dépasse une certaine *limite*, la polarisation augmente et de plus en plus vite; le courant baisse rapidement et de l'oxygène se dégage en grande quantité, l'anode est saturée d'oxygène et la catalyse ne se produit plus. On peut alors réduire la densité du courant à une valeur infime, à moins de 0,005 milliampère par centimètre carré, sans que la polarisation de l'anode descende sous 1,4 volt. Il suffit pourtant d'interrompre pendant quelques minutes le courant, pour que

la polarisation disparaisse complètement; phénomène analogue à la polarisation de la pile Leclanché.

La *limite* de la densité du courant, dont il a été question, ainsi que la rapidité de la polarisation dépendent de l'état du platinage, de la solution, mais surtout de la température; l'augmentation de la température diminue la polarisation et augmente la densité limite, du moins jusque vers 70°.

Bilan énergétique. — L'énergie fournie par la pile coïncide remarquablement bien avec celle libérée par les réactions chimiques qui peuvent être résumées par les formules suivantes, correspondant au passage d'un Faraday :

Décomposition de l'eau : $\frac{1}{2}H^2O = H + \frac{1}{2}O - \frac{68,4}{2}$ cal.

Neutralisation : $NO^3H + NaOH = NO^3Na + H^2O + 13,7$ cal.

A la cathode : $\frac{1}{4}NO^3H + H = \frac{5}{8}H^2O + \frac{1}{8}N^2O + \frac{241,3}{8}$ cal.

A l'anode : $\frac{1}{4}COH^4 + \frac{1}{2}O + \frac{1}{4}NaOH = \frac{1}{4}CO^2HNa + \frac{1}{2}H^2O + \frac{107,6+13}{4}$ cal.

Au total $39^{cal},81$ dans lesquelles *l'oxydation de l'alcool et la neutralisation de l'acide formique entrent avec* 76 *pour* 100. Cette énergie représente 1,72 joule par coulomb, chiffre qui coïncide, à peu de chose près, avec la f. e. m. de la pile réellement observée.

Lorsque la pile fonctionne, le passage du courant à travers la surface de séparation électrolyte-anode transforme en chaleur une partie de la puissance, dont la valeur $a \times i$ dépend de la densité anodique du courant.

Si l'on essaye de supprimer l'acide azotique, en adoptant une cathode en charbon poreux, directement immergée dans la solution alcaline (dépolarisation par l'air), ou une cathode en cuivre oxyde, la f. e. m. de la pile tombe à moins de 1 volt et sa puissance est considérablement réduite.

On obtient des résultats analogues, mais moins bons, en remplaçant l'alcool méthylique par un autre agent réducteur, comme l'alcool éthylique, le sucre, etc.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'acétylène dans la région* 2350-2050 Å. Note de M. **Aurel Jonesco**, présentée par M. J. Perrin.

Des bandes de l'acétylène gazeux ont été signalées déjà en 1913 par Stark et Lipp [1], et mesurées par Henri et Landau [2]. Dernièrement,

(1) *Zeits. f. Phys. Chem.*, 86, 1913, p. 36.
(2) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 697.

Kistiakowsky [1] donna une classification de quelques bandes qui apparaissent dans la région ci-dessus; j'ai étendu et complété cette étude, en ajoutant un grand nombre de termes, qui ne figurent pas dans le tableau de Kistiakowsky.

Les photographies ont été faites avec le spectrographe en quartz Hilger E. I., et les mesures des positions et d'intensités relatives, avec le microphotomètre Moll; la précision des mesures est de 3-5 cm^{-1} pour les bandes les mieux définies.

Dans la région examinée on peut mesurer environ 80 bandes, à tête double, qui se développent pour des pressions croissantes. Les bandes sont dégradées vers le visible et présentent une structure fine nette, surtout aux basses températures.

L'analyse des spectres infrarouge [2] et Raman [3], ainsi que la constante diélectrique [4], montrent qu'à l'état normal les quatre atomes de la molécule sont colinéaires; la molécule possède donc 5 fréquences de vibration, qui sont, d'après Mecke [5] :

$$\nu_1 = 1960, \quad \nu_2 = 3320, \quad \nu_3 = 3377, \quad \nu_4 = 1323, \quad \nu_5 = 729 \text{ cm}^{-1}.$$

Récemment, Sutherland [6] trouve que les nombres : $\nu_1 = 1974$, $\nu_2 = 3372$, $\nu_3 = 3288$, $\nu_4 = 730$, $\nu_5 = 605 \text{ cm}^{-1}$ concordent mieux avec les données expérimentales, et expliquent en même temps l'apparition des harmoniques simples et de combinaison, conformément aux règles de sélection de Dennison. Les fréquences simples, inactives, sont : $\nu_1 = 1975$, $\nu_3 = 3365 \text{ cm}^{-1}$ [effet Raman [7]].

Dans l'ultraviolet on peut former 10 à 12 séries de bandes, qui vérifient une relation simple, mais séparées par des intervalles qui varient d'une manière très irrégulière. Dans l'ordre des intensités décroissantes, les séries les plus intenses sont les suivantes :

---

(1) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 276.
(2) HEDFIELD et MECKE, *Zeits. f. Phys.*, 64, 1930, p. 151.
(3) LEWIS et HOUSTON, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 903.
(4) SMITH et ZAHN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2501.
(5) *Zeits. f. Phys.*, 64, 1930, p. 173.
(6) *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 883.
(7) BHAGAVANTAM, *Ind. J. of Phys.*, 6, 1931, p. 151.

TABLEAU I.

Bande.	ν cm⁻¹.	Δν.	Bande.	ν cm⁻¹.	Δν.	Bande.	ν cm⁻¹.	Δν.
a_0	43277		b_0	42639		c_0	42062	
a_1	44303	1025	b_1	43662	1023	c_1	43091	1023
a_2	45308	1006	b_2	44671	1009	c_2	44098	1007
a_3	46296	988	b_3	45660	989	c_3	45095	997
a_4	47266	970	b_4	46629	969	c_4	46061	966
a_5	48216	950	b_5	47574	947	c_5	47007	943

Les positions de ces bandes sont calculables par une formule du type

$$\nu = \nu_0 + 1034{,}6\,V' - V'^2,$$

où

$$\nu_0 = a_0,\ b_0,\ c_0 \quad \text{et} \quad V' = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots,\ 5.$$

Un autre intervalle qui intervient fréquemment dans l'analyse empirique est de l'ordre de 2700 cm⁻¹.

Environ 80 pour 100 des bandes mesurées peuvent être représentées par des transitions entre les niveaux qui précèdent et différents autres niveaux inférieurs, c'est-à-dire par des formules du type $\nu = \nu_i - \nu_j$. Les résultats de cette analyse sont résumés dans le tableau II, où la première colonne donne l'attribution des bandes aux différentes séries, la deuxième donne les intervalles entre les bandes de chaque série et les correspondantes de la série a, et les lignes du tableau représentent les transitions observées. L'accord entre les nombres d'onde calculés et observés est entre les limites des erreurs expérimentales.

TABLEAU II.

		V'.						
Série.	$\nu_i - \nu_j$.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	Transition probable.
b...	$a_0 - 638$	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	ν'_5 (?)
c...	$a_0 - 1209$	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	$\omega' - \nu_2$
d...	$a_0 - 1869$	–	d_1	d_2	d_3	–	d_5	$\omega' - 2\nu_1$
e...	$a_0 - 1798$	–	–	e_2	e_3	e_4	–	$2\omega' - 2\nu_1 - \nu_2$
f...	$a_0 - 1118$	f_0	f_1	f_2	f_3	–	f_5	$2\omega' - 2\nu_3$
g...	$a_0 - 575$	g_0	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	$\omega' - \nu_3$
h...	$a_0 - 505$	h_0	h_1	h_2	h_3	–	h_5	$2\omega' - 3\nu_1$
i...	$a_0 - 431$	–	i_1	i_2	i_3	i_4	–	$3\omega' - \nu_1 - 2\nu_2$, où $3\omega' - \nu_1 - 2\nu_3$
j...	$a_0 - 316$	–	j_1	j_2	j_3	j_4	–	$3\omega' - \nu_1 - \nu_2 - \nu_3$
k...	$a_0 + 144$	k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	–	$2\omega' - \nu_1 - \nu_3$
l...	$a_0 + 758$	–	l_1	l_2	l_3	l_4	–	$2\omega' - \nu_1$

Dans la dernière colonne du tableau précédent on a calculé les transi-

tions probables entre différents niveaux de l'état normal, possibles d'après Sutherland, et une série de niveaux de l'état final, qui sont sensiblement des multiples d'une même fréquence ω'; la moyenne des résultats conduit, pour cette fréquence, à une valeur voisine de 2708 cm^{-1}, c'est-à-dire de l'ordre signalé plus haut.

La valeur extrapolée de l'énergie de dissociation par la vibration 1034,6 cm^{-1}, est $\sim$ 204 cal/mol. Price [1] donne pour l'énergie de la liaison $C \equiv C$ (d'après la limite de prédissociation) une valeur de l'ordre de 187 cal/mol, ce qui conduit à identifier la vibration 1034,6 cm^{-1} avec la fréquence ν'_1 de l'état final de la molécule.

OPTIQUE. — *L'influence de la température sur l'absorption des liquides organiques dans l'infrarouge proche.* Note [2] de MM. **Benjamin Bloch** et **Jacques Errera**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous résumons dans cette Note les résultats d'un travail qui avait pour but d'étudier l'influence des forces intermoléculaires sur le spectre de vibration. Nous avons essayé de déceler cette influence en examinant, pour un intervalle de température de l'ordre de 100°, une série de corps contenant des groupes différents tels que $C-H$, $C=O$, $C-Cl$, $N-H$ et $O-H$.

1° Les bandes liées aux groupes $C-H$, $C=O$, $C-Cl$ et $N-H$ ne sont pas influencées par les variations de température. Citons, par exemple, la bande $1^{\mu},74$ de l'hexane ($C-H$) mesurée à trois températures — 50°, 20°, 50°, la bande $1^{\mu},685$ du benzène ($C-H$) à 20° et 65°, les bandes $1^{\mu},74$ ($C-H$) et $1^{\mu},97$ ($C=O$) de l'acétone à —70° et 20°, les bandes $1^{\mu},86$ et $2^{\mu},43$ ($C-Cl$) du chloroforme à —50°, 20° et 50°, la bande $1^{\mu},55$ ($N-H$) de la propylamine à —60° et 20° ainsi que la bande correspondante pour l'aniline à 20° et 100°.

2° La bande liée au groupe $O-H$, par contre, subit des changements notables comme le montrent les figures 1 et 2.

La figure 1 représente la transmission de l'alcool amylique sous une épaisseur de 4^{mm}, la figure 2 celle de la glycolchlorhydrine sous la même épaisseur. On voit sur la figure 1 des transformations profondes dans la région de $1^{\mu},46$ et $1^{\mu},6$. A basse température et même à température nor-

---

(1) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 483.

(2) Séance du 1er octobre 1934.

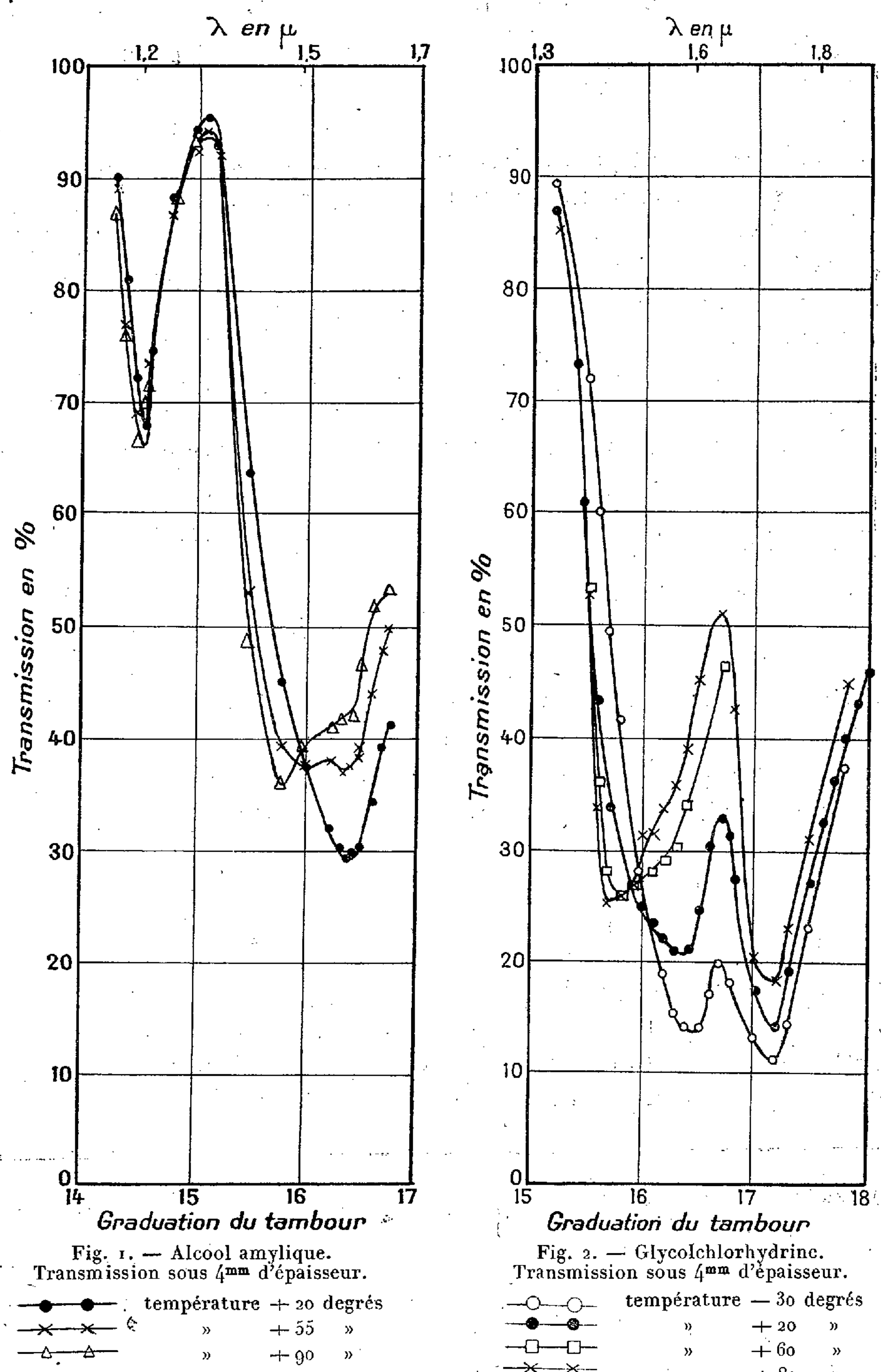


Fig. 1. — Alcool amylique.
Transmission sous 4^{mm} d'épaisseur.

—●—●—	température	+ 20	degrés
—×—×—	»	+ 55	»
—△—△—	»	+ 90	»

Fig. 2. — Glycolchlorhydrine.
Transmission sous 4^{mm} d'épaisseur.

—○—○—	température	— 30	degrés
—●—●—	»	+ 20	»
—□—□—	»	+ 60	»
—×—×—	»	+ 80	»

male la bande $1^{\mu},6$ (O — H) est nette et à $1^{\mu},46$ avec la précision de nos mesures nous ne pouvons conclure s'il y a une bande. MM. V. Henri, Bayard et C. Corin ont obtenu récemment (communication verbale) une faible bande vers $1^{\mu},44$ pour différents alcools à la température de 20°. Au fur et à mesure que la température s'élève, on voit apparaître vers $1^{\mu},46$ une bande, tandis que celle de $1^{\mu},6$ diminue d'intensité. Enfin à température plus élevée, la bande située à $1^{\mu},46$ est intense, tandis que celle à $1^{\mu},6$ n'est plus qu'indiquée. Sans vouloir encore donner une interprétation précise de ce phénomène, nous attirerons seulement l'attention sur le travail de B. Stansfeld (*Zeits. f. Phys.*, 74, 1932, p. 468) qui signale pour l'alcool éthylique le même « déplacement » lors du passage de l'état liquide à l'état gazeux. Nous avons aussi étudié d'autres alcools qui présentent le même effet, ce sont les alcools éthylique, butylique et heptylique. Pour l'alcool méthylique avec lequel la température la plus élevée de mesure n'était que 55°, on n'observe que la diminution d'intensité de la bande $1^{\mu},6$ avec l'élévation de température.

Le groupe O — H dans la glycolchlorhydrine comme le montre la figure 2 se comporte comme dans les alcools tant du point de vue de la position de la bande à la température normale que du point de vue de l'influence de la température. Ce fait nous semble être en contradiction avec l'application à ce corps de l'hypothèse de la résonance quantique. En effet, Zahn [1] suppose l'existence des deux formes suivantes :

$$\begin{matrix} O-H \\ H^2 \end{matrix}\!\!>\!C - C\!<\!\!\begin{matrix} Cl \\ H^2 \end{matrix} \quad \rightleftharpoons \quad \begin{matrix} O^- \\ H^2 \end{matrix}\!\!>\!C - C\!<\!\!\begin{matrix} H - Cl^+ \\ H^2 \end{matrix}.$$

En admettant cette éventualité, on devrait s'attendre à une force de liaison du groupe O — H différente de celle dans les alcools et par suite à un déplacement notable de la bande $1^{\mu},6$. Or, la figure 2 nous montre que ce n'est pas le cas. Cette figure indique aussi que la bande C — H à $1^{\mu},74$ n'est pas deplacée lorsque la température varie.

---

(1) *Trans. Far. Soc.*, 30, 1934, p. 820.

DIFFUSION DE LA LUMIÈRE. — *Étude expérimentale de l'opalescence critique des mélanges binaires.* Note de M. **Auguste Rousset**, présentée par M. Ch. Fabry.

La formule d'Einstein-Smoluchowski ([1]) qui donne l'intensité de la lumière diffusée par un fluide pur (ou par un mélange de deux liquides) tombe en défaut au point critique (ou au point critique de miscibilité complète); le travail nécessaire pour créer les fluctuations de densité (ou de concentration) devenant nul, on trouve une valeur infinie pour le carré moyen de ces fluctuations et l'on est conduit à une opalescence critique infiniment grande.

La théorie d'Ornstein et Zernike ([2]), poursuivie récemment encore par Placzek ([3]), échappe à cette critique. En supposant que dans de petits volumes voisins, les fluctuations de densité sont, non plus indépendantes, mais liées à cause des forces intermoléculaires, ces auteurs arrivent aux conclusions suivantes :

1° *L'intensité diffusée reste finie au point critique; elle y est inversement proportionnelle à λ^2 et non plus à λ^4 (λ : longueur d'onde de la lumière).*

2° *La diffusion est plus intense pour un angle de diffusion inférieur à $\pi/2$ (diffusion en avant) que pour un angle de diffusion supérieur à $\pi/2$ (diffusion en arrière).*

Par des mesures d'absorption sur les corps purs au point critique, Andant ([4]) a trouvé une loi en λ^{-2} tandis que, par des mesures de diffusion, Battacharya ([5]) a trouvé que la loi en λ^{-4} reste mieux vérifiée.

D'autre part, Rocard ([6]) a vérifié sur deux mélanges binaires qu'au point critique de miscibilité complète, la dissymétrie des diffusions avant et arrière n'existait pas. Dans un récent Mémoire théorique ([7]), il a calculé le travail de fluctuation en tenant compte de l'hétérogénéïté du fluide

---

([1]) A. Einstein, *Annalen der Physik*, 33, 1910, p. 1275.

([2]) *Physikalische Zeitschrift*, 27, 1926, p. 761.

([3]) *Physikalische Zeitschrift*, 31, 1930, p. 105.

([4]) *Thèses*, Paris, 1923.

([5]) *Proceedings of the Indian Association for the Cultivation of science*, 8, 4e partie, 1923.

([6]) J. Cabannes et Y. Rocard, *La diffusion moléculaire de la lumière* (Chap. XV), Paris, 1929.

([7]) *Journal de Physique*, 4, 1933, p. 165.

(corps pur ou mélange binaire); il a trouvé ainsi une valeur non nulle pour ce travail au point critique; *l'opalescence critique d'intensité finie suit la loi en λ^{-4}; corrélativement, la dissymétrie des diffusions avant et arrière ne doit pas exister.*

Ce bref rappel des recherches théoriques et des résultats expérimentaux montre que ces derniers, peu nombreux et contradictoires ne permettent pas de choisir entre deux théories dont les conclusions sont cependant très différentes. J'exposerai maintenant les résultats d'une nouvelle étude expérimentale de la diffusion de la lumière par les mélanges binaires au voisinage du point critique de miscibilité complète; leur interprétation ainsi que la description des montages seront données ailleurs.

I. Au voisinage du point critique, la *comparaison des intensités diffusées*, pour différentes longueurs d'onde, est faussée par une forte absorption des faisceaux incident et diffusé. La *détermination des coefficients d'absorption apparente*, qui est alors très facile et très précise, permet de déduire correctement la loi de la variation de l'intensité diffusée avec la longueur d'onde. J'ai mesuré le coefficient d'absorption apparente pour chacune des radiations jaune, verte et indigo de l'arc au mercure, dans un intervalle de température de quelques dixièmes de degré au-dessus du point critique de miscibilité complète, pour les mélanges suivants : I, eau-acide isobutyrique, $T_c = 25°,50$; II, aniline-cyclohexane, $T_c = 28°,90$; III, eau-triéthylamine, $T_c = 19°,88$; IV, hexane-nitrobenzène, $T_c = 19°,40$. L'absorption (et par suite l'intensité diffusée) varie comme λ^{-n}. Pour les mélanges III et IV, n reste constant et égal à 4 jusqu'au point critique. Pour les mélanges I et II, n est encore égal à 4 à toute température T, telle que $T - T_c \geqq 0°,15$; n diminue ensuite quand $T - T_c$ tend vers zéro comme l'indique le tableau suivant :

$T - T_c$	0°,15.	0°,10.	0°,05.	0°.
Mélange I	4,00	3,70	3,10	2,90
Mélange II	4,00	4,00	3,80	3,60

II. J'ai comparé les intensités diffusées dans deux directions, avant et arrière, également inclinées sur la direction du faisceau incident, par les quatre mélanges précédents et par les deux mélanges suivants : V, sulfure de carbone-alcool méthylique, $T_c = 48°,00$, VI, aniline-essence de térébenthine, $T_c = 14°,60$. Les mélanges III et IV (qui avaient donné $n = 4$ dans les mesures précédentes) et le mélange V ont montré une symétrie parfaite des intensités diffusées jusqu'à la précipitation des deux phases

liquides l'une dans l'autre. Les mélanges I et II (qui avaient donné $n < 4$ au point critique) et le mélange VI ont montré une dissymétrie, *la diffusion avant étant plus intense que la diffusion arrière*, cette dissymétrie augmentant au fur et à mesure qu'on se rapproche du point critique. Pour des directions d'observation inclinées de 37° sur la normale du faisceau incident, j'ai trouvé, au point critique, pour le rapport des intensités des diffusions avant et arrière, les nombres suivants : 2,24 avec le mélange I, 1,66 avec le mélange II, 1,15 avec le mélange VI. Pour ces directions d'observation, la théorie d'Ornstein et Zernike conduit à la valeur 9 pour ce rapport.

Nos mesures montrent que la *théorie d'Ornstein et Zernike n'est vérifiée par aucun des six mélanges étudiés*, tandis que la diffusion par trois d'entre eux (III, IV et V) est en parfait accord avec la théorie de Rocard.

POLARIMÉTRIE. — *Sur l'emploi de compensateurs nus à l'analyse des vibrations elliptiques*. Note de MM. **Georges Bruhat** et **Pierre Grivet**, présentée par M. A. Cotton.

Dans la représentation plane de Poincaré, l'action d'une lame cristalline nue sur une vibration elliptique quelconque peut être représentée par une rotation d'angle θ et par une homothétie de rapport h. Chaumont a montré (¹) que, à cause des réflexions internes, h et θ varient rapidement avec la longueur d'onde; le point M représentant la vibration d'ellipticité β obtenue à partir d'une vibration rectiligne décrit un petit cercle dont le rayon, quelle que soit l'épaisseur du compensateur, est de l'ordre de $\beta/10$; pour une lame quart d'onde, le cercle entier est décrit pour une variation de λ de l'ordre de 30 A, de sorte qu'une variation d'un angström produit un déplacement de M correspondant à $\beta/50$. Il en concluait que ce point ne peut être défini avec une précision correspondant à une erreur de 1/200 sur l'ellipticité que si la radiation est monochromatique à quelques dixièmes d'angström près.

Cette condition est trop restrictive. Un ensemble défini de radiations, auxquelles correspond un ensemble défini de valeurs de h et de θ, donne à partir de diverses vibrations, rectilignes ou elliptiques, des ensembles de points tous semblables entre eux, de sorte que leurs centres de gravité correspondent tous à un même couple de valeurs de h et de θ. Il suffit, pour que la lame donne une transformation définie avec une fidélité $\beta/200$, que

(¹) L. Chaumont, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 271; *Ann. de Phys.*, 4, 1915, p. 124.

le centre de gravité optique de l'ensemble de radiations utilisé soit défini à quelques dixièmes d'angström près : c'est une condition facile à réaliser dans les réglages photoélectriques ([1]).

Nous avons étalonné, pour diverses longueurs d'onde, une série de compensateurs en mica nus : une ligne neutre, Ox, du compensateur faisant un angle α_0 avec la vibration rectiligne qu'il reçoit, on détermine l'angle α que fait avec Ox le grand axe de la vibration elliptique transmise ; le retard θ est donné ([2]), si l'on néglige les réflexions multiples, par la relation $\tang 2\alpha = \cos\theta \tang 2\alpha_0$. Pour tenir compte des réflexions multiples, il suffit de déterminer les deux angles α et α' fournis par deux positions à 90° du compensateur ; on obtient h et θ par les formules

$$\frac{\cot 2\alpha + \cot 2\alpha'}{\cot 2\alpha_0} = \frac{1}{\cos\theta}\left(h + \frac{1}{h}\right), \qquad \frac{\cot 2\alpha - \cot 2\alpha'}{\cot 2\alpha_0} = \frac{1}{\cos\theta}\left(h - \frac{1}{h}\right).$$

La méthode, relativement peu précise pour des mesures visuelles, le devient beaucoup plus avec notre analyseur photoélectrique, qui permet de pointer à 1 ou 2 minutes près l'azimut du grand axe d'une vibration dont l'ellipticité β atteint 20 ou 25°. En prenant $2\alpha_0 = 45°$, on peut, pour $\theta = 45°$, déterminer θ avec une erreur de 5 à 6 minutes et h avec une erreur de l'ordre de 0,002.

Les résultats de nos mesures ont été entièrement satisfaisants. Des séries de mesures faites pour un réglage donné du monochromateur en faisant varier α_0 ont donné des valeurs de α et α' ne s'écartant jamais de plus de 3 à 4 minutes de celles que fournissent les formules précédentes, et des séries faites avec un nouveau réglage du monochromateur ont donné des valeurs de h et de θ parfaitement concordantes entre elles. C'est ainsi que six séries, faites à plusieurs mois d'intervalle sur une même lame avec le groupe de radiations 3655 A, ont donné $\theta = 47°9'$ et $h = 1,043$, avec des écarts moyens $\theta = 7'$ et $h = 0,002$; l'écart moyen relatif sur la quantité $h \sin\theta$, qui mesure l'erreur commise dans l'analyse d'une vibration elliptique avec la lame employée comme compensateur, est de 1/250.

Nous avons obtenu des résultats du même ordre avec toutes les raies du mercure comprises entre 4358 Å et 2800 Å. Les écarts observés dépassent rarement 1/400[e] lorsqu'on ne change pas le réglage du monochromateur : *on peut donc, par l'emploi d'un compensateur nu, atteindre la précision*

([1]) G. Bruhat et A. Guinier, *Revue d'Optique*, **12**, 1933, p. 392.
([2]) A. Cotton et H. Mouton, *Ann. de Chim. et Phys.*, **20**, 1910, p. 275.

de 1/400e *sur la mesure d'une ellipticité*, à condition d'étalonner le compensateur avec le groupe même de radiations qui sert aux mesures. L'étalonnage à chaque mesure est d'ailleurs inutile si le compensateur est approximativement quart d'onde et si l'on a soin d'éliminer le facteur h en faisant les pointés pour deux positions à 90° du compensateur; les variations de θ ne peuvent en effet, pour le compensateur quart d'onde, produire que des erreurs négligeables. Il faut toutefois remarquer que, la vibration transformée par le compensateur étant représentée sur la sphère de Poincaré par un ensemble de points dont on repère le centre de gravité, les extinctions des plages ne sont pas parfaites : l'éclairement parasite, qui est sans inconvénient en polarimétrie photoélectrique, serait peut-être prohibitif en polarimétrie visuelle pour certaines raies.

Ajoutons que la dispersion de biréfringence dans l'ultraviolet du mica que nous avons utilisé est assez faible pour que la même lame puisse être employée comme quart d'onde de 4358 Å à 3021 Å; la transmission pour cette dernière raie est encore de l'ordre de 30 pour 100. Au delà de 3021 Å, l'absorption croît rapidement, et il serait nécessaire d'employer un compensateur plus mince. L'augmentation de l'absorption fait disparaître les faisceaux plusieurs fois réfléchis; il n'en est pas moins indispensable de faire les mesures pour les deux positions à 90° du compensateur, car au dichroïsme apparent dû aux réflexions multiples se substitue un dichroïsme vrai, de sorte que nous avons trouvé, dans la région 2800 Å, pour $\theta = 45°$, des facteurs h de l'ordre de 1,25.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Une nouvelle variété ferromagnétique de sesquioxyde de fer*. Note (1) de MM. **Hubert Forestier** et **Georges Guiot-Guillain**, présentée par M. G. Urbain.

L'un de nous avait montré (2) que le ferrite de glucinium $Fe^2O^3.GlO$ se décompose vers 400° en donnant de la glucine et du sesquioxyde de fer cubique attirable à l'aimant (ou oxyde de Malaguti), ce dernier se transformant à son tour, au-dessus de 600°, en sesquioxyde de fer stable rhomboédrique (oligiste).

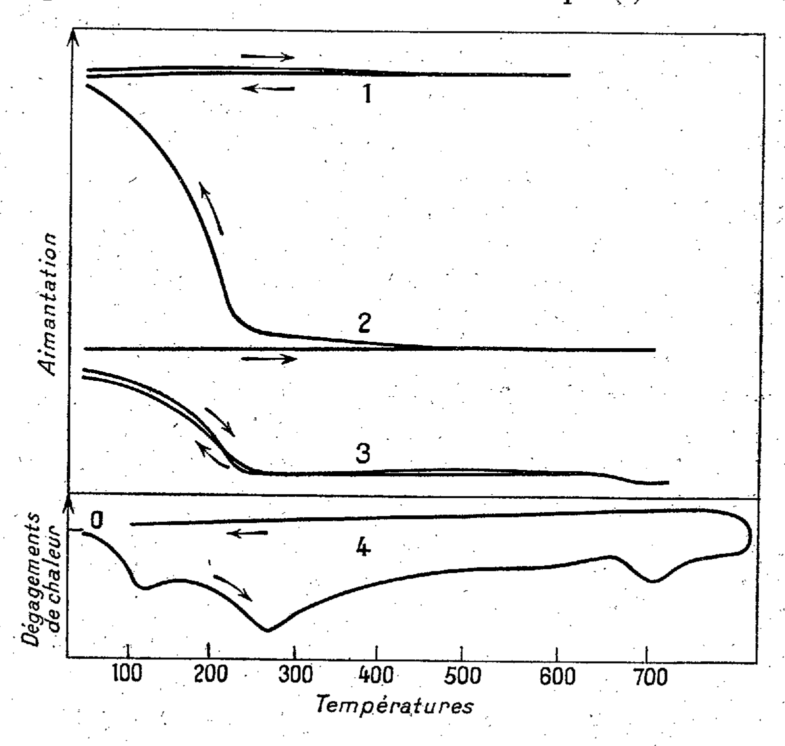
L'étude thermomagnétique du système $Fe^2O^3 — GlO$, nous a permis de

(1) Séance du 24 septembre 1934.

(2) H. Forestier et M. Galand, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 733.

mettre en évidence un nouveau corps plus attirable à l'aimant que le produit de décomposition du ferrite $Fe^2O^3.GlO$, le maximum de l'intensité d'aimantation de ce corps étant obtenu à partir d'un produit correspondant sensiblement à la composition $Fe^2O^3.4GlO$. Nous avons cherché à identifier ce composé ferromagnétique et à déterminer exactement ses conditions de formation, puis à l'isoler.

Le précipité, obtenu en versant dans l'ammoniaque (¹) une solution con-



tenant le mélange de nitrates (ou de chlorures) de glucinium et de fer trivalent, en proportions convenables, était desséché à l'étuve, puis étudié par les trois méthodes suivantes :

Analyse thermomagnétique. — Les courbes 1 et 2 montrent que le précipité devient ferromagnétique seulement après avoir dépassé la température de 600°. Un recuit de 6 minutes à 720° est nécessaire pour obtenir un corps ayant des propriétés magnétiques bien définies et possédant l'intensité d'aimantation maximum. Ce produit, attirable à l'aimant, possède un point de Curie à 220°; un chauffage prolongé au-dessus de 700° lui fait

(¹) H. Forestier et M. Galand, *loc. cit.*

perdre peu à peu son aimantation, et l'analyse thermomagnétique permet alors de déceler un second point de Curie à 675°, correspondant à l'apparition du sesquioxyde de fer stable (courbe 3), mais la transformation complète en ce dernier oxyde ne peut être obtenue que par recuit à haute température (10 minutes à 1000° par exemple).

Analyse de la structure par les rayons X (méthode des poudres). — La trop grande finesse des grains ne permet pas d'interpréter les spectrogrammes effectués sur le composé recuit au-dessous de 650°; dès que cette température a été dépassée, les produits obtenus donnent des clichés sur lesquels le spectre du sesquioxyde de fer rhomboédrique (type oligiste) est simplement *superposé* à celui de la glucine. Cependant, on observe un léger déplacement de l'une des raies de l'oligiste sur les spectrogrammes du corps attirable à l'aimant dont le point de Curie est à 220°. Cette anomalie disparaît après recuit à haute température et transformation en oxyde stable. Le produit fortement ferromagnétique serait donc formé d'un mélange de glucine et de sesquioxyde de fer rhomboédrique, du type oligiste *légèrement déformé*.

Analyse thermique différentielle. — La courbe 4 met en évidence trois absorptions de chaleur irréversibles : la première à 100°, correspondant à l'eau d'adsorption du précipité, la seconde entre 200° et 275°, dont nous ne pouvons donner une interprétation certaine, enfin la troisième entre 650° et 705°, c'est-à-dire à la température de formation du corps ferromagnétique; elle semble devoir correspondre à la décomposition, en glucine et oxyde ferrique, du ferrite $Fe^2O^3.4GlO$.

Nous avions obtenu des résultats analogues avec le ferrite de formule : $Fe^2O^3.GlO$; il faut en rapprocher également d'autres expériences sur la préparation d'oxyde cubique à partir des ferrites ou de la lépidocrocite (¹); cependant, il existe une différence fondamentale entre les produits de décomposition obtenus : $Fe^2O^3.GlO$ donnait de la glucine et du sesquioxyde de fer *cubique*, $Fe^2O^3.4GlO$ se décompose d'une part en glucine et d'autre part en sesquioxyde de fer *rhomboédrique*, *attirable à l'aimant* et possédant un *point de Curie à* 220° (²). Un fait nouveau est donc mis en évidence : il est possible d'obtenir, dans certaines conditions, un oxyde

---

(¹) A. Girard et G. Chaudron, *Bull. Soc. chim.*, **51**, 1932, p. 998; *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 925; S. Goldsztaub, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 533.

(²) Rappelons que le sesquioxyde de fer stable (oligiste), dont le coefficient d'aimantation est environ cent fois plus petit, possède un point de Curie à 675°.

ferrique instable ayant une structure cristalline très voisine de celle de l'oligiste, mais de propriétés magnétiques complètement différentes.

En dissolvant la glucine dans l'acide chlorhydrique étendu, nous avons pu isoler cette nouvelle variété de sesquioxyde de fer à l'état pur; elle présente les mêmes propriétés magnétiques que le produit non traité par l'acide, et la structure du type oligiste « déformé ».

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'altération des sols hydrophobes par l'action de la lumière en relation avec leur stabilité naturelle.* Note de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. A. Cotton.

Une altération ou une coagulation des sols hydrophobes produite par l'action de la lumière peut être considérée comme conséquence d'une réaction photochimique modifiant soit les particules elles-mêmes soit les électrolytes qui y sont adsorbés. Nous nous bornerons au cas où les particules ne sont pas sensibles à la lumière. Une coagulation est alors vraisemblablement due à l'affaiblissement critique de la couche double par la destruction d'ions qui fortifient la charge des particules ou par la formation d'ions de signe contraire. Quoi qu'il en soit, on devrait s'attendre dans ce cas à un effet de la radiation d'autant plus grand que la couche double des sols est initialement plus faible. Il existerait par là un certain parallélisme entre les conditions d'une « photocoagulation », d'une coagulation mécanique (1) et d'une coagulation par congélation (2).

Nous sommes partis d'un sol d'oxyde de fer obtenu par hydrolyse de $Fe(NO^3)^3$; nous l'avons partagé en différentes parties qui ont été soumises à des dialyses plus ou moins longues. Toutes ces parties ont été ensuite conservées dans l'obscurité dans les mêmes conditions, pendant 234 jours. On avait fait des mesures répétées de la biréfringence magnétique. Elles montrent que, à ce moment, la vitesse du grossissement naturel des particules diminuait déjà dans toutes les parties du sol. *En effet* la vitesse du changement de la biréfringence avec le temps diminuait déjà partout (3). A partir de ce moment, sous l'action de la lumière diffuse du jour, la vitesse du grossissement des particules recommençait à s'accélérer dans les parties

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1776.
(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 354.
(3) Voir l'explication dans *Kolloid-Beih.*, **38**, 1933, p. 1.

moins stables (plus dialysées) du sol. L'accélération était nettement la plus grande dans la partie la moins stable.

Les nombres donnés dans le tableau suivant se rapportent à un champ de 25 140 gauss et à une température de $20° \pm 0°,2$. Les β désignent les biréfringences rapportées à 0,1 pour 100 Fe et 1^{cm} d'épaisseur. β_0 désigne les valeurs mesurées au bout de 188 jours à l'obscurité, β_1 au bout de 234 jours à l'obscurité, soit 46 jours après, β_l les valeurs après 29 jours d'exposition à la lumière. On en déduit les vitesses v avec lesquelles changent les β, soit à l'obscurité,

$$v_0 = \frac{\beta_1 - \beta_0}{\beta_0} \times 100,$$

soit à la lumière,

$$v_l = \frac{\beta_l - \beta_1}{\beta_1} \times 100,$$

et celles de

$$\frac{v_l - v_0}{v_0} \times 100.$$

Durée de dialyse en jours.	Fe pour 100.	β_0.	β_1.	β_l.	v_0.	v_l.	$\frac{v_l - v_0}{v_0} \times 100$.
3....	0,105	$-6°.13'$	$-8°.32'$	$-10°.20'$	0,810	0,727	$-10,3$
8....	0,101	-55.5	-63.25	-71.17	0,329	0,428	$+30,5$
15....	0,099	-57.38	-69.55	-82.0	0,463	0,597	$+29,0$
25....	0,108	-56.54	-67.20	-79.45	0,399	0,636	$+59,4$

Chaque facteur qui amène une accélération du grossissement naturel des particules colloïdales, produit une coagulation, si l'on augmente assez son action (¹). On obtiendrait donc sans doute une coagulation graduée au lieu d'une simple altération modérée et graduée, si l'on appliquait une radiation d'une intensité suffisante.

En considérant les données dans les travaux de différents auteurs, il est intéressant de remarquer que, à l'égard de l'effet de l'action de la lumière, la stabilité initiale paraît être vraiment une propriété caractéristique pour tous les sols hydrophobes dont les particules elles-mêmes ne sont pas sensibles à la lumière.

(¹) W. HELLER, *Koll. Beih.* (*loc. cit.*).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de décomposition de quelques éthers nitriques à basse température.* Note de M. **Maurice Lambrey**, présentée par M. Charles Fabry.

La présente Note a pour but l'exposé des résultats de recherches poursuivies depuis trois ans sur la décomposition de divers éthers nitriques, à température relativement basse.

La méthode a été exposée dans une précédente Communication [1]. Le produit étudié, enfermé dans un tube scellé, où l'on a fait le vide pendant environ cent heures au moyen d'une trompe à vapeur de mercure, est gardé en étuve, à une température déterminée, pendant un intervalle de temps au bout duquel on dose, parmi les produits de décomposition, l'oxyde azotique NO. On peut, de ce gaz, déceler un volume de l'ordre de $0^{mm^3},05$ mesuré dans les conditions normales.

J'ai principalement étudié les cotons-poudre; les uns à 13,34 pour 100 d'azote, stabilisés par la méthode classique (ébullition prolongée avec l'eau); les autres à 13,80 pour 100 d'azote, stabilisés par la méthode décrite par Muraour [2] (extraction par l'alcool à chaud du CP sortant de la turbine de nitration et simplement lavé à l'eau froide).

Pour les uns comme pour les autres on a observé, même à 30°C., un dégagement d'oxyde azotique [1] mais la vitesse de dégagement décroît en fonction du temps, passant, par exemple, progressivement au centième de sa valeur initiale. On peut donc admettre que les cotons-poudre contiennent une impureté qui se détruit au début du séjour en étuve.

La cessation du dégagement initial ne prouve pas que toute l'impureté est disparue, puisque, en portant ensuite le produit à une température plus élevée, on observe à nouveau un dégagement dont la vitesse décroît, à nouveau, en fonction du temps [3].

La quantité totale de NO dégagé au cours de la destruction de l'impureté n'excède jamais $0^{mg},5$ par kilogramme de produit; soit, en proportion (azote NO) sur (azote CP) 2.10^{-6}.

On réduit la teneur en impureté par l'un ou l'autre des traitements sui-

---

(1) Lambrey, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 857.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 1089.

(3) Il n'est pas impossible *a priori* que le mot impureté employé ici désigne en réalité des produits de décomposition lente, absorbés par le CP.

vants : *a.* stabilisation par le procédé de Muraour; *b.* maintien du produit à 50° C. pendant tout le temps qu'on fait le vide dans le tube scellé qui le contient. Cependant dans l'un ou l'autre cas, la destruction de l'impureté peut n'être pas totale.

Une fois l'impureté disparue le dégagement observé correspond à une destruction réelle du produit. A 43° C. la vitesse de décomposition correspondante est parfaitement mesurable. Elle correspond à la production de 0^{g},65 de NO par jour et par kilogramme de produit. En supposant que tout l'azote résultant de la décomposition passe à l'état de NO on trouve ainsi que le millième du produit étudié disparaît en 1100 ans. A 36°,5 la vitesse de décomposition est environ dix fois plus faible. Elle est tout juste mesurable.

J'ai également étudié un échantillon de tétranitropentaérythrite ayant subi une cristallisation dans l'acétone, une première redissolution dans ce solvant et précipitation par l'eau contenant du bicarbonate de sodium, une seconde redissolution dans l'acétone suivie d'une précipitation par l'eau distillée. Il y a eu également un dégagement initial observable à 30° C. Ensuite la vitesse de décomposition à 43° C. est à la limite de ce que l'on peut mesurer.

Pour un échantillon de poudre, fabriquée à Reinsdorf avec 40 pour 100 de nitroglycérine et 50 pour 100 de coton-poudre, sans stabilisant, le solvant utilisé étant l'acétone, j'ai observé à 30° C. un dégagement de NO auquel correspond une vitesse de décomposition apparente ou réelle voisine de celle des cotons-poudre à l'état limite à 43° C.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation du silicium à basse température.* Note[1] de M. **André Sanfourche**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On a vu disparaître peu à peu, à mesure que se perfectionnaient les procédés de préparation et les méthodes d'analyse, les diverses variétés allotropiques que les anciens Traités attribuaient au silicium. Les variétés dénommées par Berzélius α et β, le silicium dit graphitoïde, n'étaient que des apparences dues à la présence d'impuretés; le silicium amorphe soumis à la spectrographie de rayons X a révélé son identité avec le silicium cris-

---

(1) Séance du 8 octobre 1934.

tallisé, dont Debye (1) a établi la structure, que Kustner et Remy (2) ont reconnue être la même quels que soient l'aspect cristallin, la couleur et la provenance des échantillons examinés. La variété dite soluble dans l'acide fluorhydrique par Moissan et Siemens (3) a été également rayée de la littérature scientifique à la suite des études (4) qui ont reconnu que cette prétendue propriété résulte d'une erreur d'observation : ce n'est pas le silicium qui est soluble dans l'acide fluorhydrique, mais la pellicule oxydée qui le recouvre, et qui se forme d'autant plus facilement que le silicium est plus divisé. Cependant, un travail récent de Bedel (5) tendrait à remettre cette question en suspens; pour la trancher définitivement, nous avons pensé que le meilleur moyen consiste à isoler cette silice, au lieu de conclure à son existence par des méthodes indirectes; il suffit pour cela d'utiliser l'action du chlore, qui transforme le silicium en chlorure volatil, et laisse intacte la silice.

Les expériences ont été faites soit avec du silicium fondu à 99,12 pour 100 de pureté, en fragments de 1 à 2^{mm}; soit avec ce même silicium préalablement allié à l'argent à raison de 1 pour 100, et extrait de l'alliage par l'acide azotique au 1/10 à l'ébullition; soit avec du silicium extrait de l'alpax (aluminium à 10-12 pour 100 Si) par l'acide chlorhydrique au 1/10 à froid. Ces deux derniers ont été lavés à l'eau, puis à l'alcool et à l'éther, séchés à la température ambiante dans le vide sulfurique, puis au-dessus de 100° dans un courant d'hydrogène. Les échantillons, du poids de $0^g,2$ à $0^g,3$, contenus dans une nacelle de porcelaine, sont placés dans un tube horizontal parcouru par le chlore provenant d'une bouteille de chlore liquide (par conséquent exempt d'oxygène), et chauffé lentement sur une grille. L'attaque se manifeste par l'incandescence, débutant bien au-dessous du rouge pour le silicium compact, vers le rouge naissant pour le silicium extrait de l'alpax, et exigeant un chauffage plus intense pour le silicium provenant de l'argent. Le silicium fondu laisse finalement une

---

(1) *Physik. Zeits.*, **17**, 1916, p. 277.

(2) *Physik. Zeits.*, **24**, 1923, p. 25.

(3) *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 1299.

(4) MANCHOT, *Zeits. anorg. Chem.*, **120**, 1921, p. 277; **124**, 1922, p. 333; *Ber. d. chem. Ges.*, **54**, (II), 1921, p. 3107; MANCHOT et FUNCK, *Zeits. anorg. Chem.*, **122**, 1922, p. 22. MANCHOT, FUNCK et KÖHLER, *Ibid.*, **122**, 1922, p. 227; SANFOURCHE, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 1672; **189**, 1929, p. 533; MANCHOT et FUNK, *Ber. d. chem. Ges.*, **63 B**, 1930, p. 1441.

(5) *Ann. Chimie*, **20**, 1933, p. 494.

pellicule à peine visible, les autres échantillons, un résidu de silice dont la forme et le volume apparents sont ceux du silicium initial. La pureté de cette silice a été vérifiée par volatilisation au moyen de l'acide fluorhydrique : celle provenant du silicium à l'aluminium est parfaitement pure et blanche ; celle laissée par le silicium à l'argent est légèrement grise parce qu'elle garde des traces de silicium qu'elle a protégé de l'action du chlore. Le fer, qui constituait la principale impureté, s'est déposé à l'état de chlorure dans les parties froides du tube ; le silicium est passé à l'état de tétrachlorure, qui est recueilli dans l'eau, ce qui le transforme en acide chlorhydrique et silice, laquelle, pesée après insolubilisation, sert à calculer le silicium.

La composition de ces divers siliciums se trouve ainsi établie :

	Silicium fondu.	Silicium de l'aluminium.	Silicium de l'argent.
Fe pour 100	0,25	0,92	0,69
Si »	99,12	96,14	90,46
SiO^2 »	0,46	3,01	8,60
	99,83	100,07	99,75

L'existence d'une pellicule oxydée superficielle se trouve ainsi démontrée d'une façon irréfutable.

Soumis aux attaques successives par l'acide fluorhydrique, dont nous avons antérieurement décrit le processus, les deux échantillons de silicium cristallisé ont subi les pertes de poids suivantes :

		2.	5.	8.	12.	20.	26.
Nombre d'attaques		2.	5.	8.	12.	20.	26.
Perte de poids pour 100	Si de Al	9,27	33,33	53,15	73,20	87,1	92,5
	Si de Ag	36,60	78,8	93,5	»	»	»

Ces expériences confirment que le silicium dans un grand état de division est très oxydable à basse température ; en particulier, celui qui est extrait de ses alliages hypoeutectiques peut subir l'action oxydante soit de l'air, soit de l'eau, soit des réactifs utilisés pour l'isoler : c'est ainsi que le silicium de l'aluminium, qui n'a été en contact qu'avec l'acide chlorhydrique froid, n'a été que modérément oxydé, tandis que celui de l'argent, plus divisé et extrait par ébullition avec l'acide azotique, a été beaucoup plus oxydé. D'ailleurs, Koster [1] a déjà observé que dans les alliages avec l'aluminium, le silicium entré en solution solide, donc très divisé, est transformé en silice par l'eau régale, à la différence du silicium eutectique.

(1) *Engineer*, **149**, 1929, Supplément, p. 100.

Les modalités de cette oxydation, en particulier la possibilité de formation d'oxydes inférieurs, ne peuvent être envisagées ici; elles seront discutées dans un exposé d'ensemble de la question, qui paraîtra dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de la dypnopinacone de M. M. Delacre.* Note [1] de M. **Dimitre Ivanoff**, transmise par M. V. Grignard.

J'ai montré avec Mlles M. Michova et F. Christova [2] que le complexe $C^6H^5 - CH(MgCl) - CO^2Na$, donne avec la dypnone

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ HC^3 \end{matrix} \!\!> C = CH - CO - C^6H^5,$$

le triphényl-2.3.5 méthyl-3 pentanone-5 oïque,

$$C^6H^5 - CO - CH - C(C^6H^5)(CH^3) - CH(C^6H^5) - CO^2H,$$

qui a été isolé en petites quantités, tandis que le produit principal de la réaction (75 pour 100) était une substance neutre. Plus tard cette substance, par son point de fusion, son analyse et ses propriétés chimiques, a été identifiée avec la dypnopinacone ordinaire de Delacre.

Outre la synthèse précédente, j'ai encore obtenu la dypnopinacone avec les corps suivants :

$$C^6H^5 - CH(MgCl) - CO^2MgCl,$$
$$p\text{- et } o\text{-}ClC^6H^4 - CH(MgCl) - CO^2MgCl \quad \text{et} \quad C^6H^5 - CH^2 - CO^2MgCl.$$

De même les ROMgX éthylique, isobutylique et isovalérianique ont donné la dypnopinacone avec des rendements qui ne dépassent pas 30 pour 100 [3]. Enfin les magnésiens aminés de Meunier, en particulier celui de $C^6H^5 - NHCH^3$, donnent la dypnopinacone avec un rendement presque quantitatif. Pour les alcoolates [4] et les dérivés aminés [5], j'ai employé

(1) Séance du 8 octobre 1934.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 1321.

(3) Dans les essais ci-dessus, j'ai eu l'assistance de Mlles M. Michova et I.P. Pétrova.

(4) V. Grignard et M. Dubien, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 299, et avec M. Fluchaire, *Ann. de Chimie*, 10e série, 9, 1928, p. 5-54.

(5) V. Grignard et J. Colonge, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 929.

les méthodes de Grignard et de ses collaborateurs. La dypnopinacone obtenue par tous ces essais est pure, sans isomères ou produits de transformation quelconque.

Delacre a préparé la dypnopinacone à partir de l'acétophénone, puis de la dypnone, avec différents agents de condensation : zinc-éthyle, potasse, cyanure de potassium, éthylate de sodium. Le dernier a donné le meilleur rendement et un produit relativement pur (¹). L'auteur assigne à la dypnopinacone ordinaire la formule cyclique suivante :

$$\begin{array}{cccc} & C^6H^5 & & C^6H^5 \\ & | & & | \\ H^2C- & C= & CH- & C(OH) \\ | & & & | \\ H^2C- & C= & CH- & C(OH) \\ & | & & | \\ & C^6H^5 & & C^6H^5 \end{array}$$

Or, les réactifs qui transforment la dypnone en dypnopinacone sont des agents de condensation cétolique, surtout les alcoolates et les dérivés aminés que Grignard et ses élèves emploient avec grand succès depuis quelques années. Il est alors logique d'admettre que la dypnone, sous l'action des mêmes agents, forme le cétol correspondant

$$\begin{array}{cccccccc} C^6H^5- & C & =CH- & C(OH) & \text{———} & & C & -CO-C^6H^5 \\ & | & & | & & & \| & \\ & CH^3 & & C^6H^5 & & C^6H^5- & C & -CH^3 \end{array}$$

J'adopte cette formule en me basant sur les faits suivants :

1. Les réactifs qui transforment la dypnone en dypnopinacone sont des agents de condensation cétolique.

2. Certains cétols distillés sous la pression ordinaire, se dédoublent en leurs constituants, par exemple, le cétol de l'acétophénone (²) et celui de la méthylisopropylcétone (³). De même, M. Delacre en distillant la dypnopinacone l'a dédoublée en dypnone, jusqu'à 70 pour 100 (⁴).

3. La formule de M. Delacre contient deux groupes hydroxyliques, tandis que celle que je propose n'en a qu'un seul. En effet, l'indice

---

(¹) M. Delacre, *Ann. de Chimie*, 9e série, 2, 1914, p. 63; 5, 1916, p. 158; 10, 1918, p. 101; 12, 1919, p. 150; 12, 1919, p. 394. Je ne cite que les travaux d'ensemble. Ses nombreux travaux sur la dypnopinacone, ses isomères et ses dérivés sont publiés dans le *Bulletin de l'Académie de Belgique* à partir de 1891.

(²) J. Colonge, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1414.

(³) J. Colonge, *Thèse*, Lyon, 1934; D. Ivanoff et A. Spassoff, expériences inédites.

(⁴) *Ann. de Chimie*, 9e série, 2, 1914, p. 82.

d'hydrogène mobile, dosé d'après la méthode de Zerewitinoff (¹), n'indique qu'un seul groupe hydroxylique.

I. Subst., 0,2411; $t=18°$; $H=715^{mm}$; $v=13^{cm^3},8$, solvant pyridine. — II. Subst., 0,2520; $t=21°$; $H=714^{mm}$; $v=15^{cm^3},3$. — I. Trouvé pour 1 (OH), $11^{cm^3},91$; calculé, 12,15. — II. Trouvé, $13^{cm^3},05$; calculé, $12^{cm^3},80$.

4. La formule de M. Delacre ne contient aucune fonction cétonique et la formule cétolique en a une. En effet, si l'on fait réagir sur la dypnopinacone (1^{mol}), le n-C^3H^7MgBr (3^{mol}), on obtient avec de bons rendements le glycol attendu :

$$\begin{array}{l} C^6H^5-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}=CH-\underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{C}}(OH)\text{———}\underset{\displaystyle C^6H^5-C-CH^3}{\underset{\|}{C}}\text{——}(HO)\underset{\displaystyle C^3H^7\text{-}n}{\underset{|}{C}}-C^6H^5. \end{array}$$

Le glycol bitertiaire est purifié dans de l'alcool méthylique, à chaud, en ajoutant quelques gouttes de tétrachlorométhane. Il forme des cristaux incolores qui fondent à 190–191°. Il est facilement soluble à froid, dans C^6H^6, $CHCl^3$, CCl^4 et l'acétone, et difficilement dans l'alcool méthylique, à chaud.

Subst., 0,2640; H^2O, 0,1710; CO^2, 0,8290. Trouvé : C %, 85,64; H %, 7,24. Calculé pour $C^{35}H^{36}O^2$: C %, 86,01; H %, 7,44.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *La surface de biréfringence et la propriété singulière de certaines lames cristallines.* Note de M. **Christophe Gaudefroy.**

C'est un fait déjà connu que les lames parallèles aux axes optiques présentent en lumière convergente une frange exceptionnellement large, le long de laquelle le retard passe par un minimum et au voisinage de laquelle, par suite, il varie très peu (²).

1. Le discernement des conditions les plus favorables à l'observation de cette frange est facilité par l'examen de l'équation de biréfringence. On trouve dans les traités d'optique cristalline une relation où la biréfringence est exprimée en fonction des angles θ et θ' que fait la direction de propagation de la lumière avec les axes optiques; cependant j'en ai établi une autre où la direction de propagation lumineuse est définie par les angles α, β, γ

(¹) *Deutsch. chem. Ges.*, **40**, 1907, p. 2023.

(²) C. Raveau, *Comptes rendus*, **155**, 1912, p. 965; C. Gaudefroy, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1353.

qu'elle fait avec les droites n_g, n_m, n_p de l'ellipsoïde des indices[1]. La voici sous une forme qui se prête à la discussion présente :

$$(1) \qquad b^2 = (\cos^2 V \sin^2 \alpha - \sin^2 V \sin^2 \gamma)^2 + \sin^2 2V \cos^2 \beta;$$

la lettre b désigne la biréfringence relative, c'est-à-dire le rapport de la biréfringence observable dans une direction définie à la biréfringence $n_g - n_p$ du cristal; l'angle $2V$ est celui des axes optiques. Cette équation convient à un cristal positif; en y remplaçant V par $\pi/2 - V$, on aurait celle d'un cristal négatif.

Comme on le voit, la biréfringence relative ne dépend pas de la valeur absolue des indices, mais seulement de l'angle des axes optiques.

2. Sur la direction α, β, γ, si l'on porte un vecteur égal à b, et que l'on fasse varier α, β, γ, l'extrémité du vecteur engendre la surface de biréfringence.

Une propriété remarquable de cette surface résulte de ce que le deuxième membre de l'équation (1) est la somme de deux termes positifs pouvant s'annuler séparément. Lorsque le premier d'entre eux, la parenthèse, s'annule, l'équation devient $b = \pm \sin 2V \cos\beta$ et définit une sphère, ou plutôt deux sphères qui passent à l'origine, tandis que leurs centres sont placés sur l'axe n_m. Pour toutes les valeurs de α, β, γ qui n'annulent pas la parenthèse, la surface de biréfringence est extérieure à la sphère et elle lui est tangente lorsque $\sin\alpha : \sin\gamma = \pm \operatorname{tang} V$. Or cette relation définit un cône dont le sommet est à l'origine, et dont les génératrices remarquables sont les axes optiques (pour $\alpha = V$, $\beta = \pi/2$, $\gamma = \pi/2 - \alpha$) et deux droites du plan $n_g n_m$ définies par les relations $\sin \alpha_1 = \pm \operatorname{tang} V$.

3. La surface d'égal retard de Bertin, qui permet de prévoir facilement les observations en lumière convergente, peut s'obtenir en pratiquant l'inversion sur la surface de biréfringence, le centre d'inversion étant le centre même de cette surface et le facteur arbitraire. Les singularités de ces deux surfaces se correspondent. Les sphères tangentes intérieurement à l'une se transforment par inversion en deux plans tangents extérieurement à la surface d'égal retard, parallèles tous deux aux axes optiques; la courbe de tangence de l'une, intersection des sphères et du cône susdit, a pour correspondante l'intersection du même cône avec les deux plans : c'est,

---

[1] C. Gaudefroy, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1227.
La justification de cette relation se trouve dans le *Bull. Soc. franç. Minér.*, **47**, Note VI, 1924, p. 329-332.

sur chacun d'eux, une hyperbole que l'on peut définir simplement par ses asymptotes parallèles aux axes optiques et par ses sommets symétriquement placés sur les génératrices du cône, remarquées plus haut : $\sin\alpha_1 = \cos\beta_1 = \pm \operatorname{tang} V$. Cette hyperbole fournit l'image de la frange singulière qui nous intéresse. C'est elle que M. Raveau a trouvée par un autre moyen.

4. A l'intérieur d'une aire assez étroite découpée dans le champ sur une frange singulière (très large), le retard varie moins que dans une aire égale d'une autre frange du champ. Dès lors on peut prévoir que le retard varierait encore moins dans une aire découpée à la croisée de deux franges singulières, comme il arriverait si les hyperboles se confondaient avec leurs asymptotes.

Cette circonstance se présente lorsque, dans l'équation précédente, $\beta_1 = 0$ ou bien $\cos\beta_1 = 1 = \operatorname{tang} V$; c'est-à-dire lorsque $V = 45°$, autrement dit lorsque l'angle des axes optiques est droit.

Pour le noter en passant, ces équations nous apportent un renseignement nouveau relatif à la dispersion des axes optiques : la dispersion des axes est accompagnée d'une dispersion des hyperboles singulières, ou plus simplement, de leurs sommets, dispersion plus grande que celle des axes et d'autant plus grande que l'angle des axes est plus voisin de 90°.

5. En ce qui concerne la frange singulière, au cas où l'angle des axes est de 90°, ou voisin de 90°, son observation est plus facile à réaliser que dans tout autre cas, puisque l'axe du faisceau lumineux peut être perpendiculaire aux axes optiques ($\beta_1 = 0$). Alors, la lame cristalline taillée parallèlement à ces axes est placée normalement sur la platine de l'appareil d'observation en lumière convergente. Dans ces conditions, la frange singulière passe au centre du champ. Mais elle est si large que tout le champ est uniformément éclairé. Par exemple, une lame teinte sensible de cette espèce donne une teinte plate en lumière convergente.

En conséquence, une telle lame traversée par un faisceau parallèle présente un retard constant, ou presque, quelle que soit son inclinaison sur la direction du faisceau lumineux.

Le tableau suivant montre les variations du retard avec l'inclinaison du faisceau lumineux à l'intérieur de la lame, en supposant que son retard, lorsqu'elle est traversée normalement, est égal à l'unité.

Angle des axes....	90°	Inclinaison........	10°	Retard.......	1,0001
»	84	»	10	»	0,9990
»	0	»	10	»	0,98

Un exemple facile à réaliser est le diaspore dont le clivage est parallèle aux axes optiques ($2V = 84°$).

ÉCOLOGIE MARINE. — *Sur les principaux types de flaques du littoral atlantique.* Note de M. **Adrien Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

La mer, en se retirant, découvre un grand nombre de flaques d'aspect très varié. En nous basant sur leur flore et sur leur écologie, nous avons été conduit à les classer de la manière suivante ([1]) :

1° Les flaques à Chlorophycées, localisées dans la zone supérieure, sur les côtes abritées. Ordinairement de petite taille et peu profondes, elles sont peuplées d'Algues vertes : *Enteromorpha compressa* (souvent exclusive), *intestinalis*, *ramulosa; Chætomorpha aerea; Cladophora; Ulva; Monostroma*. De toutes les cuvettes, ce sont celles où la température et surtout l'alcalinité de l'eau présentent les plus grandes variations : le pH s'y élevant chaque jour de 8,1 à 10,0.

2° Les flaques à Algues calcaires, qui se rencontrent plutôt sur les côtes battues. Parfois de petite taille, elles sont caractérisées par l'abondance des Mélobésiées incrustantes: *Lithothamnium* et *Lithophyllum*. On y observe aussi des Corallines, ainsi que diverses autres Algues : *Scytosiphon*, *Dictyota*, *Polysiphonia*, *Ulva*, etc. En été, le pH varie peu; mais il n'en est pas de même en hiver. On peut rapprocher de cette station les suintements tapissés d'Algues calcaires qui s'établissent partout où l'eau de mer ruisselle en permanence et dont la température et le pH demeurent presque constants.

3° Les flaques à Cystosires dont la flore varie avec le niveau et l'exposition. Dans la zone supérieure, elles sont plates, tapissées d'algues calcaires et peuplées de touffes éparses de *Cystoseira myriophylloides*. Plus bas, elles s'approfondissent et se remplissent des *C. fibrosa*, *fœniculacea* et *granulata*,

---

([1]) Plusieurs auteurs, en particulier de Beauchamp, Sauvageau, Hamel, Lami, etc., ont distingué, mais incidemment, quelques-uns de ces types de flaques dans leurs travaux.

avec lesquelles vivent associées des *Chondrus*, *Scytosiphon*, *Colpomenia*, *Dyctiota*, etc. Plus bas encore, surtout aux points battus, *C. ericoides* devient caractéristique. Dans ce type de flaques, comme dans les suivantes, la température et l'alcalinité sont déjà moins variables.

4° Les flaques à *Halopithys pinastroïdes* et *Ceramium rubrum*, surtout communes dans la zone moyenne, sur les rochers semi-battus. Elles changent d'aspect suivant les saisons : le *Ceramium* n'y étant bien développé qu'en été. On y observe aussi fréquemment des Mélobésiées, *Calliblepharis jubata*, *Colpomenia*, etc.

5° Les flaques à Fucacées ordinairement assez grandes et localisées dans les stations abritées. En plus des *Fucus vesiculosus* qui s'y développent fréquemment à un niveau supérieur à celui où ils croissent sur les rochers exondés, on y observe aussi des *Ascophyllum*, *Cystoclonium*, *Polysiphonia*, *Rhodymenia*, etc.

6° Les flaques battues, localisées dans la zone des Fucacées, sur les rochers balayés par les vagues, dans les anfractuosités creusées par des galets. Leur flore est composée de nombreuses petites Algues : Mélobésiées, *Ceramium*, *Codium*, *Cladophora*, *Bryopsis*, *Polysiphonia*, *Gasteroclonium* et beaucoup d'autres.

7° Les flaques à *Bifurcaria tuberculata* et *Himanthalia lorea* surtout développées là où ces espèces forment une véritable zone, en dessous des Fucacées, sur les rochers battus. Leur taille et, par suite, leur flore est assez variable suivant qu'elles renferment l'une ou l'autre de ces espèces.

8° Les flaques à *Chorda Filum* parfois fréquentes à peu près au même niveau que les précédentes, sur les fonds de sables, de graviers ou de galets. De ce type se rapprochent les flaques à *Ahnfeltia*.

9° Les flaques à Laminaires communes surtout dans la zone inférieure. En plus des Laminaires, principalement : *L. flexicaulis* (fréquemment associée à l'*Halydris siliquosa*) et *L. saccharina*, on y rencontre des *Fucus*, *Cystoseira ericoides*, *Chondrus*, *Ceramium*, *Rhodymenia*, *Furcellaria*, etc. Comme elles sont ordinairement de grande taille et qu'elles ne découvrent que peu de temps, leur température et leur alcanité demeurent presque les mêmes que celles de l'eau de mer littorale.

10° Les flaques à Floridées, exclusivement localisées dans les fentes et les coupures des rochers ou au fond des grottes marines : là où la lumière est très atténuée, la température de l'air parfois plus basse et l'état hygrométrique plus élevé qu'à l'extérieur : conditions écologiques qui se rapprochent de celles réalisées dans la mer, au-dessous de la zone des marées.

Aussi leur flore est-elle très particulière : *Nitophyllum*, *Membranoptera*, *Griffithsia*, *Plumaria*, *Phyllophora*, *Dilsea*, *Delesseria*, toutes algues remarquables par leur vive coloration rouge. La température demeure presque la même que celle de mer en surface : mais le pH, au lieu de s'élever, s'abaisse de 0,1 et devient égal à 8,0.

11° Les flaques à Zostères peuplées le plus souvent de *Zostera marina* (Zostéracée). Elles se présentent sous deux aspects différents : les unes situées au milieu des rochers asséchant à presque toutes les marées, et alors parcourues par un léger courant d'eau de mer; les autres établies sur le sable, au milieu des herbiers formés par cette espèce, et ne découvrant qu'à très basse mer. Le pH, faible en hiver, peut s'élever jusqu'à 8,8 en été.

Cette classification, établie uniquement pour la commodité de l'étude, n'a rien d'absolu : et quoique ces divers types de flaques soient ordinairement bien individualisés, ils sont néanmoins reliés entre eux par de nombreux intermédiaires.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la vision des Poissons.* Note de MM. **Antoine Magnan**, **Claude Magnan** et **Albert de Villelongue**, présentée par M. H. Vincent.

Avant de pouvoir aborder le problème de la vision des Poissons, il est indispensable de connaître les indices des divers milieux transparents de l'œil de ces animaux. C'est à quoi nous nous sommes d'abord astreints.

Pour mesurer l'indice du cristallin sphérique de diverses espèces, nous nous sommes servis d'un réfractomètre de Pulfrich donnant la cinquième décimale. Sur la face plane du prisme de référence nous avons aplati un peu chaque cristallin avec une lamelle de façon à créer une face bien plane de cet organe du côté du prisme et d'obtenir un contact optique excellent. Les expériences ont été faites avec la lumière d'une lampe à vapeur de sodium qui pénétrait dans le cristallin sous l'incidence rasante.

Nous avons trouvé pour les diverses espèces de Poissons examinées des indices variant de 1,649 à 1,653.

Pour la mesure des indices des humeurs de l'œil, nous avons préféré utiliser un réfractomètre d'Abbe qui nous a montré que l'indice des milieux intérieurs de cet organe était égal à celui de l'eau 1,33.

Connaissant la valeur de tous les indices nécessaires, il nous a alors été

possible d'étudier l'œil des Poissons comme un système optique comprenant une lentille sphérique baignant dans un milieu d'indice 1,33.

Nous avons dans ces conditions employé les formules classiques des dioptres sphériques limitées à des rayons de faible incidence. Appliquées à une lentille sphérique de rayon R, d'indice n_2, baignant dans un milieu d'indice n_1, elles ont donné un foyer f égal à

$$f = R\frac{n_1 n_2}{2n_1(n_2 - n_1)} = R\frac{n^2}{2(n_2 - n_1)}$$

Ces calculs effectués, il nous restait à faire les mesures morphologiques des yeux examinés. Nous nous sommes heurtés là à certaines difficultés et nous avons hésité entre diverses méthodes de coupe de l'œil susceptibles de fournir les dimensions cherchées avec une précision suffisante. Seule la méthode par congélation nous a permis de réussir dans cette opération, malgré ses défauts; elle réduit en effet les dimensions de l'œil suivant l'axe optique, la réduction n'intéressant pas d'ailleurs de la même façon le cristallin et les humeurs. Un œil de poisson ainsi traité perd de son diamètre antéro-postérieur; le cristallin est refoulé par la cornée contractée vers la rétine; l'humeur vitrée se rétracte aussi, de sorte que la distance, suivant l'axe optique, qui sépare le cristallin de la rétine, peut diminuer de 2^{mm} dans certains cas.

Nous avons pu éviter ce défaut en opérant uue congélation modérée qui permet de couper l'œil suivant un plan diamétral tout en conservant sensiblement intactes les dimensions des parties de cet organe.

Nous consignons tous les résultats de nos mesures dans le tableau suivant où R représente le rayon du cristallin, f la distance focale du système comptée à partir du pôle postérieur du cristallin, δ la distance séparant ce même pôle de la rétine, n l'indice du cristallin.

Espèces.	R en millim.	δ en millim.	f. en millim.	n.
Truite commune	2,5	4,1	4	1,653
Id.	2,4	3,89	3,84	1,655
Brochet	3,15	5,1	5,04	1,649
Maquereau	2,35	3,8	3,76	1,650

Nous ne donnons que trois décimales pour les valeurs de n parce que la précision des mesures morphologiques rend superflu l'emploi d'un plus grand nombre de décimales.

De la lecture du tableau précédent, il résulte que les diverses espèces

de poissons sont légèrement myopes. De ce fait ces animaux paraissent adaptés pour voir convenablement les objets placés à quelques mètres d'eux, ce qui semble logique puisqu'ils vivent dans un milieu faiblement éclairé en général et où la lumière est vite absorbée.

IMMUNOLOGIE. — *Observations sur le pouvoir antigène du mélange toxine diphtérique et vitamine* C. Note de Mlle **Edna Harde** et M. **Marcel Philippe**, présentée par M. F. Mesnil.

L'un de nous a montré (1) le rôle protecteur de l'acide ascorbique contre l'intoxication diphtérique et signalé la résistance de la souris comparée à celle du cobaye.

La souris fabrique sa propre vitamine C, tandis que le cobaye la tire préformée de son alimentation ; il s'ensuit que la souris est réfractaire au scorbut, tandis que le cobaye y est très sensible.

Nous avons constaté une action protectrice *in vivo* et *in vitro* exercée par l'acide ascorbique contre la toxine diphtérique. Dans cette Note, nous examinons l'action antigène de la vitamine C.

Les mélanges *in vitro* d'une et même deux doses mortelles (limite de nos expériences actuelles) de toxine diphtérique avec des solutions de 1 à 2cg d'acide ascorbique, préalablement neutralisées, puis laissées en contact 45 à 60 minutes à la température ambiante, injectés aux cobayes, ne déterminent chez ces animaux aucun des symptômes classiques que les témoins mettent en évidence (mort en 4, 6 et 8 jours avec capsules surrénales hémorragiques et eschare locale).

Tandis qu'une série de cobayes témoins injectés avec la même toxine diphtérique, sous le même volume que celui employé pour les animaux précédents, avec de l'eau physiologique ou de la soude diluée qui sert à neutraliser l'acide ascorbique, résistaient bien à une dose mortelle, mais pas à deux.

Deux à cinq semaines après le début de ces expériences, nous avons éprouvé l'immunité par la réaction de Schick. Dans l'ensemble nous avons enregistré des réactions variables dans ces deux lots d'animaux.

Un troisième lot de cobayes qui ont reçu séparément la toxine diphtérique et l'acide ascorbique (*per os* et sous-cutanée) n'ont pas survécu à

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 618.

l'épreuve postérieure d'une dose mortelle et demie à dix doses (la dose minima mortelle tuant le cobaye en quatre à cinq jours) tandis que les animaux injectés avec le mélange fait *in vitro* (toxine et acide ascorbique) ou toxine diluée avec de l'eau physiologique ou sodique, et éprouvés avec une dose mortelle et demie, ont montré une résistance irrégulière (survie de 4 cobayes sur 8 après huit jours).

Il semble donc exister une action antigénique de ces mélanges toxine + acide ascorbique et toxine diluée simplement quoique à un moindre degré pour cette toxine diluée.

Il ne s'agit là que de simples faits expérimentaux pour lesquels nous nous gardons de donner une interprétation définitive, mais nous remarquons que ces expériences nous paraissent être du même ordre que celles de A. C. Marie (1) sur la neutralisation de la toxine diphtérique par l'adrénaline, car certaines de nos expériences encore inédites posent la question de savoir si la vitamine C n'agit pas seulement comme système oxydo-réducteur, mais aussi en stimulant la production d'adrénaline; ainsi par exemple on sait que la teneur en adrénaline des surrénales est fortement diminuée dans le scorbut.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Mécanisme de l'action spirochéticide du bismuth.* Note de M. **Constantin Levaditi** et Mlle **Yvonne Manin**, présentée par M. G. Urbain.

Les recherches de Levaditi, Nicolau, Salgue et Schoen (2) ont montré que la destruction du tréponème au niveau du chancre, chez les lapins traités par des dérivés bismuthiques insolubles, s'effectue en présence de quantités de Bi infiniment petites, indécelables par les procédés de dosage utilisés à l'époque, procédés cependant assez sensibles. Ces conclusions ont été confirmées par les investigations plus récentes de Levaditi et Girard (3), réalisées à l'aide de la méthode analytique de Girard et Fourneau (4), sensible au microgramme. Ces investigations ont montré que la tréponémolyse s'opère en présence de quantités de bismuth variant

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, 32, n° 3, 1918, p. 97.

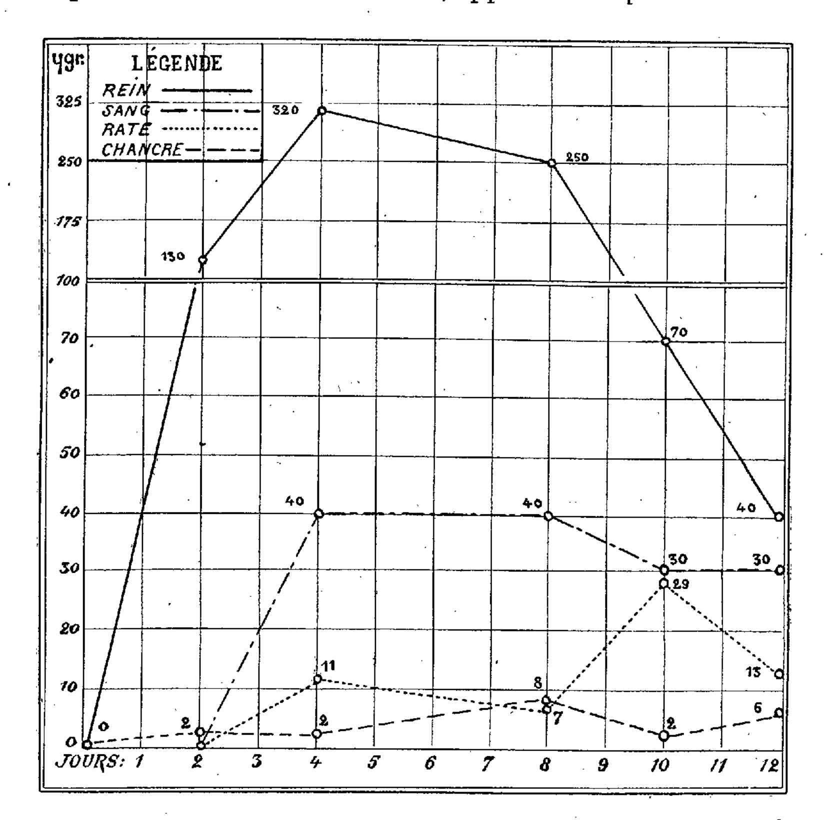
(2) Levaditi, Nicolau, Salgue et Schoen, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 939.

(3) Levaditi et Girard, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 402.

(4) Girard et Fourneau, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 610; *Bull. Soc. chim. de France*, 37-38, 1925, p. 1669.

entre 1 et 2γ pour la totalité du syphilome, soit entre 4 et 10γ par gramme de matière sèche. Ces quantités dépassent à peine celles que l'analyse révèle dans certains tissus normaux, tels le foie ou le testicule. Levaditi et Girard ont conclu que « *la destruction du spirochète* in situ *n'exige que des traces infinitésimales de métal; l'analogie avec certains processus diastasiques, que des quantités infimes de catalyseurs amplifient, devient ainsi des plus frappantes* ».

On sait que l'élimination du bismuth, appréciée d'après la teneur bismu-



thique du rein [*potentiel métallique rénal* de Levaditi et Manin (¹)], considérable au début de l'expérience, diminue progressivement par la suite. Par ailleurs, Levaditi et Manin (²) ont montré que la concentration du sang en Bi est des plus faibles, et ne paraît pas sous la dépendance directe de la richesse du rein en élément actif. Dans ces conditions, nous nous

(¹) Levaditi et Manin, *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 1388.
(²) Levaditi, Manin et Howard, *C. R. Soc. Biol.*, 102, 1929, p. 813.

sommes demandé si, pendant la période où la spirochétolyse s'effectue au sein du chancre tréponémique, chez les animaux soumis à la bismuthothérapie, la courbe du potentiel métallique du syphilome subit des oscillations parallèles à celles de la courbe du potentiel bismuthique rénal ou sanguin. En d'autres mots, y a-t-il dans le chancre cette accumulation métallique que l'on constate, pendant la première phase de l'expérience, au niveau de l'émonctoire rénal?

Afin de résoudre ce problème, nous avons administré à des lapins, par voie intramusculaire, $0^{g},03$ Bi par kilogramme, sous la forme liposoluble de *α-carboxyéthyl-β-méthylnonooate basique de bismuth* (*Bivatol*), additionné de cholestérine et de myricine. Les animaux étaient porteurs de volumineux chancres scrotaux; ils ont été sacrifiés les 2e, 4e, 8e, 10e et 12e jours. Les analyses, effectuées d'après la méthode de Girard et Fourneau (*loc. cit.*), ont porté sur le *syphilome*, le *rein*, la *rate* d'une part (1^{g} de substance sèche), le *sang défibriné*, d'autre part (10^{cm^3}). Le diagramme montre que le potentiel bismuthique rénal atteint son maximum (320^{γ}) le 4e jour, pour diminuer progressivement par la suite (250^{γ} le 8e jour, 40^{γ} le 12e jour). La teneur métallique du sang circulant, en retard sur celle du rein, atteint des valeurs infiniment plus faibles (maximum 40^{γ}) et se maintient presque constante jusqu'à la fin de l'expérience. Celle de la rate, inférieure à celle du sang, montre un crochet vers le 10e jour. Quant à la *concentration bismuthique du syphilome*, celle qui nous intéresse particulièrement, elle ne semble pas suivre les oscillations des teneurs métalliques du rein, de la rate et du sang. Ce potentiel varie entre 2^{γ} et 8^{γ} de Bi par gramme de substance sèche; il est donc infinitésimal et paraît indépendant de la quantité de bismuth qui se concentre sur le filtre rénal, ou qui circule dans le système vasculaire.

Conclusions. — *Il s'ensuit que la destruction des tréponèmes au sein des tissus où se manifeste l'action chimiotérapique spécifique, s'exerce en présence de quantités infinitésimales de bismuth, le potentiel métallique syphilomateux étant indépendant de la teneur bismuthique du rein et de la quantité d'élément qui, à un moment donné, circule dans le sang. Le bismuth, au même titre que le tellure, l'arsenic, le vanadium ou l'or* (1), *semble remplir l'office de catalyseur dans le processus qui assure la spirochétolyse thérapeutique.*

---

(1) Cf. Levaditi, Coquoin, D. Krassnoff et Y. Manin, *Bull. de la Soc. de Dermatol. et de Syphiligr.*, 40, 1933, p. 1433.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Trois mille vaccinations contre la fièvre jaune en Afrique Occidentale Française au moyen du virus vivant de souris, atténué par le vieillissement.* Note [1] de MM. **C. Mathis**, **J. Laigret** et **C. Durieux**, présentée par M. Charles Nicolle.

La méthode de vaccination contre la fièvre jaune, dont il sera question dans cette Note, est celle qui a été étudiée depuis 1931 à l'Institut Pasteur de Tunis, d'abord par A. W. Sellards et J. Laigret [2], puis par J. Laigret [3] seul.

Elle utilise, *à l'état vivant*, le virus de Max Theiler, c'est-à-dire un virus amaril, modifié par passages intracérébraux à la souris blanche. Les cerveaux des souris amariliques sont soumis à l'atténuation par le *vieillissement*, de la même manière que les moelles des lapins rabiques. Ce traitement permet d'obtenir des vaccins de quatre jours, deux jours et un jour d'atténuation. Pour la conservation et le transport, ils sont répartis, à l'état de poudre sèche, dans des ampoules privées d'air. On les inocule successivement à vingt jours d'intervalle [4].

A la suite d'une demande du gouverneur général Brévié, l'un de nous a été chargé de se rendre en Afrique Occidentale, afin d'y étudier les modalités d'application de ce procédé de vaccination.

Les opérations de la mission ont débuté le 10 juin. A la date du 15 août, 3.196 inoculations avaient été pratiquées sur des volontaires de race blanche habitant le Sénégal, la Guinée, la Côte d'Ivoire, le Soudan et le Niger. La vaccination des volontaires du Dahomey est en cours. Ainsi, en quelques semaines, la vaccination aura pu être étendue à toutes nos colonies de la Fédération Ouest-Africaine.

Aucune réaction locale n'a été observée.

Dans le tiers des cas environ, il se produit, après l'inoculation du premier vaccin, plus rarement après la deuxième, exceptionnellement après la troisième, une réaction fébrile. Celle-ci, lorsqu'elle se manifeste, a lieu six jours

---

(1) Séance du 1er octobre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1609 et 2175.

(3) *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, **21**, III, 1933, p. 412, et **22**, II, 1933, p. 198; *Bull. Soc. Pat. Ex.*, **26**, VI, 1933, p. 806.

(4) J. Laigret, *Off. Int. d'Hyg. Pub.*, **26**, VI, 1934, p. 1078.

exactement après l'inoculation déchaînante. Elle se traduit par un accès de fièvre, avec céphalée, douleurs orbitaires et rachialgie, qui dure de 12 à 30 heures. Les personnes fatiguées par un long séjour colonial antérieur, les surmenés, les sujets déficients au point de vue hépato-rénal, ont régulièrement présenté cette réaction. Les femmes y ont échappé. Dans l'ensemble, 70 pour 100 des vaccinés ont subi les trois inoculations sans être obligés d'interrompre leurs occupations.

Deux vaccinés ont présenté : l'un, un syndrome méningé; l'autre, une myélite avec paraplégie transitoire. Ils ont rapidement recouvré l'intégralité complète de leurs santés. Le sang et le liquide céphalo-rachidien de ces deux malades n'ont infecté ni les macaques, ni les souris.

La suppression des moustiques de la ville de Dakar excluait le danger de la contamination de la population par des *Stegomya*, infectés sur nos vaccinés. Ni à l'intérieur du Sénégal où, dans la saison d'hivernage pendant laquelle nous opérions, les moustiques sont nombreux, ni sur la Côte d'Ivoire, ni au Niger où la fièvre jaune sévissait lorsque commencèrent les opérations, il n'y eut la moindre diffusion épidémique, ultérieure à la vaccination. L'expérience montre donc que celle-ci est applicable dans les pays chauds et en présence de moustiques.

Les épreuves de séro-protection avaient indiqué à l'un de nous, au cours de recherches antérieures (1), que l'immunité est acquise, chez 1/3 des vaccinés, après le premier vaccin; chez les 9/10, après le deuxième; chez tous, après le troisième. Pour nos vaccinés du Sénégal, les résultats ont donné un pourcentage de 70 pour 100 d'immunités acquises dès le premier vaccin. Il n'en est pas moins nécessaire de préciser que la vaccination complète, en trois temps, reste la plus recommandable. Seuls, les cas de fièvre jaune confirmée, survenant au moins 20 jours après la troisième vaccination, pourraient être considérés comme des échecs de la méthode.

La durée de l'immunité conférée est, d'après les plus anciens vaccinés (Tunis), d'au moins deux ans (2).

En résumé, la vaccination contre la fièvre jaune, par la méthode de l'Institut Pasteur de Tunis, a pu être appliquée sur une large échelle en Afrique Occidentale. Il n'y a eu, sur un total dépassant trois mille inoculations, que deux réactions sévères; elles se sont rapidement terminées par

---

(1) J. Laigret, *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, **23**, 1, 1934, p. 43.

(2) A. W. Sellards et J. Laigret, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1086.

la guérison. Les contrôles sérologiques ont montré, dès le premier vaccin, un pourcentage élevé d'immunisations positives. Les opérations continuent dans les diverses colonies françaises de l'Ouest Africain. La pratique y est entrée *officiellement* dans le domaine courant.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 27 août 1934.)

Note de M. *Edgar Odell Lovett*, Sur le problème de Bertrand pour certaines courbes qui généralisent les coniques :

Page 515, ligne 21, *au lieu de* $\dfrac{-(\mu r_1^{-2}\ldots)}{\left(\sum\limits_{i=0}^{p-1}\cdots\right)}$, *lire* $-\dfrac{\mu r_1^{-2}\ldots}{\left(\sum\limits_{i=0}^{p-1}\cdots\right)^{\frac{m}{2}}}$.

Page 516, ligne 1 de la note (1), *au lieu de* $9(y'')^2 y^{v}$, *lire* $9(y'')^2 y^{v}$.

(Séance du 1er octobre 1934.)

Note de MM. *André Chrétien* et *Pierre Laurent*, Existence d'un type fréquent de complexe iodé en solution organique :

Page 639, ligne 4 en remontant, *au lieu de* dans le sulfure, *lire* dans le tétrachlorure.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 OCTOBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **François Gonnessiat**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu le 18 octobre, et celui de M. **Santiago Ramon y Cajal**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

Notice sur M. F. Gonnessiat, *Correspondant pour la Section d'Astronomie,* par M. **Ernest Esclangon**.

La mort de M. F. Gonnessiat, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Astronomie, depuis le 10 juillet 1916, directeur honoraire de l'Observatoire d'Alger, survenue le 18 octobre dernier, constitue une grande perte pour l'Astronomie française, notamment pour l'Astronomie de position dont il était un des plus éminents représentants.

Admis à la retraite, M. Gonnessiat avait quitté l'Observatoire d'Alger en juillet 1931, après une féconde et très longue carrière astronomique. Jusqu'à sa mort, et malgré l'état peu satisfaisant de sa santé, son activité était restée entière, se dépensant sans trêve dans des travaux astronomiques de tout ordre, suivant avec une constante attention le développement des recherches qui se poursuivaient dans tous les observatoires et sur les questions qu'il affectionnait particulièrement : observations méridiennes, éphémérides, carte du ciel, perfectionnements des instruments et de la technique, etc.

Né à Mornay, dans l'Ain, en 1856, il avait fait son entrée dans la carrière

astronomique, comme stagiaire, en 1878, à l'Observatoire de Lyon, où il devint successivement aide-astronome en 1885, puis astronome adjoint en 1893; il y demeura jusqu'en 1900, époque à laquelle il fut chargé de mission en Équateur et directeur de l'Observatoire de Quito jusqu'en 1906. Il se révéla dans cette fonction organisateur habile et avisé. Il créa un service complet de Physique du Globe, comprenant en dehors des observations habituelles de météorologie, de séismologie, de magnétisme terrestre, un service d'actinométrie en vue des mesures de l'intensité du rayonnement solaire. Il collabora étroitement à la mesure d'un arc de méridien avec la Mission de l'Équateur et dut organiser entièrement à cet effet l'Observatoire astronomique.

En 1906, il est nommé astronome adjoint à l'Observatoire de Paris. En 1908, il devient directeur de l'Observatoire d'Alger qu'il organise et oriente dans une voie féconde en s'entourant de collaborateurs éclairés, formés à la lumière de son exemple et de ses hautes qualités professionnelles d'astronome habile, méticuleux jusqu'à l'excès.

F. Gonnessiat a été un observateur incomparable en même temps qu'acharné, pourrait-on dire. A Lyon, il a accumulé plus de 60000 observations au cercle méridien d'Eichens; le fruit de ce travail a été l'élaboration de plusieurs catalogues de haute valeur.

Nous ne saurions énumérer ici tous les travaux poursuivis avec une inlassable persévérance par F. Gonnessiat : catalogue d'étoiles zodiacales; catalogue de circompolaires, d'étoiles fondamentales, variation des latitudes, observations méridiennes du Soleil, observation du passage de Vénus en 1882, observations de comètes, d'éclipses de Lune, travaux de la Carte du Ciel, collaboration aux observations des longitudes mondiales, calculs d'éphémérides, etc.

Au génie de l'observation et de la précision astronomique instrumentale qui, dans ce domaine, en faisait un chef d'école, Gonnessiat possédait un sens critique profond et des plus sûrs, qualité si nécessaire dans l'élaboration des programmes de grands travaux astronomiques et dans la discussion des résultats auxquels ils conduisent.

Avec Gonnessiat disparaît une grande figure de l'Astronomie de position, science qu'il y aurait danger à perdre de vue au moment où l'Astrophysique attire, plus spécialement, et à juste titre d'ailleurs, l'attention d'un grand nombre d'astronomes.

Notice sur M. Santiago Ramon y Cajal, *Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie*, par M. **Maurice Caullery**.

M. Santiago Ramon y Cajal, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, depuis le 26 juin 1916, décédé à Madrid il y a quelques jours, était né à Petilla en Navarre le 1[er] mai 1852. Tout d'abord médecin militaire, il avait fait partie, en 1874, d'un corps expéditionnaire à Cuba, d'où, gravement atteint par le paludisme, il avait été contraint de rentrer en Espagne et de quitter l'armée. Il fut alors successivement aide d'anatomie et professeur aux universités de Saragosse (1879), Valence (1883), Barcelone (1887) et enfin Madrid (1892), où il occupait la chaire d'Histologie et Anatomie pathologique. Depuis 1901 il dirigeait en outre l'Institut national d'hygiène, équivalent de notre Institut Pasteur.

Ramon y Cajal s'est illustré par ses recherches sur la structure du système nerveux. Elles ont ouvert, dans ce domaine, une époque nouvelle et réalisé un progrès capital. A partir de 1888, il s'était attaché à perfectionner la technique précédemment imaginée par Golgi et qui consiste à imprégner d'un précipité argentique, dans les centres nerveux, un certain nombre d'éléments isolés, à l'exclusion des autres. Cela permet ainsi de déchiffrer des rapports autrement inextricables. Appliquant avec une grande habileté et perfectionnant cette méthode, sur des animaux très variés, surtout pendant le développement postembryonnaire, explorant par elle toutes les parties du système nerveux (cerveau, cervelet, moelle épinière, ganglions spinaux et du grand sympathique, appareil olfactif et visuel, organes sensoriels), Cajal a établi, de manière indiscutable et générale, que les cellules composant les centres nerveux, restent des unités distinctes, des centres élémentaires, sans aucune *continuité* les uns avec les autres, au lieu de réaliser un *réseau continu* comme on l'avait cru jusque-là et comme l'admettait, en particulier, Golgi. Il a définitivement mis en évidence la structure générale et les formes particulières très diverses et compliquées des cellules nerveuses, dont les prolongements cytoplasmiques et le cylindre axe (avec ses ramifications collatérales) servent les uns et les autres à la conduction de l'influx nerveux. La propagation se fait d'une cellule à l'autre par *contact*, aux extrémités de ces prolongements divers.

Dès 1894, la généralité de cette constitution du système nerveux et les particularités de structure des divers centres, exposées dans un ouvrage

d'ensemble et dans une *Croonian-Lecture* à la Société Royale de Londres, étaient vérifiées et admises par la plupart des histologistes. Elles ont été symbolisées par le terme de *neurone*, désignant la cellule nerveuse, telle que Cajal l'avait révélée, terme créé par Waldeyer et universellement adopté, comme la conception qu'il traduit. Les mérites de Cajal ont été, dès cette époque, reconnus de la façon la plus éclatante par de nombreuses sociétés savantes d'Europe et d'Amérique, consacrés finalement en 1906 par un prix Nobel partagé avec Golgi. On peut résumer l'œuvre de Cajal, à cette première période, en disant qu'il nous a fait connaître l'*architecture* du système nerveux.

Cajal a fait faire ultérieurement un autre progrès décisif à l'histologie de ce système, en mettant en évidence, par des préparations d'une netteté et d'une beauté admirables, dans toute l'étendue des neurones, à l'aide d'une technique spéciale inspirée des opérations de développement de la plaque photographique, un système de *fibrilles*. Ces neuro-fibrilles forment un système propre à chaque neurone et non un système général continu, comme l'a soutenu l'histologiste hongrois Apathy, qui l'avait de son côté décelé par d'autres procédés, chez les Hirudinées.

Ce qui précède suffit à marquer l'importance et l'ampleur de l'œuvre scientifique de Ramon y Cajal. Il l'a poursuivie avec une ardeur, une ténacité et un esprit de désintéressement admirables. Esprit tout à la fois enthousiaste et inquiet, il déplorait, depuis d'assez nombreuses années, de sentir sa santé s'altérer, ses forces décroître, et par suite son activité scientifique se ralentir. J'ai eu moi-même l'occasion de l'entendre, en 1919, en manifester beaucoup de tristesse. Le mérite de ses importantes découvertes lui revient d'autant mieux qu'il les a faites sans le secours ni la suggestion d'aucun maître; par contre, par son exemple et son prosélytisme, il a créé, en Espagne, une école nombreuse et active de chercheurs, qui a développé et continué son œuvre. Celle-ci, d'ailleurs, a eu pour continuateurs de nombreux et éminents histologistes en tous pays, après avoir reçu d'eux d'éclatantes confirmations.

En dehors de nombreux mémoires spéciaux, dont une partie a été publiée en français, on doit à Cajal, sur la structure du système nerveux, plusieurs ouvrages d'ensemble, qui ont été traduits en diverses langues, et deux très intéressants volumes d'autobiographie (*Recuerdos de mi vida*, 1901-1917), où il retrace la genèse et les circonstances de ses découvertes. Ramon y Cajal restera comme une des belles figures scientifiques de sa génération.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'*Intégration logique *des équations de la Dynamique, à deux variables : Forces centrales.* Note de M. **Jules Drach.**

A. Les types de problèmes de Dynamique, même à deux variables, que l'on ramène actuellement aux quadratures sont en très petit nombre; leur connaissance remonte aux recherches classiques de Lagrange et de Jacobi. Je me suis proposé ici, comme application de ma théorie d'Intégration, de rechercher dans le mouvement d'un point sous l'action d'une *force centrale*, les cas où l'intégration s'achève par quadratures *quelle que soit la constante des aires*. C'est aussi la détermination de la *trajectoire* d'un point sous l'action d'une force parallèle à l'axe des y, quelle que soit la valeur constante de la vitesse dx/dt. Il s'agit, analytiquement, de la réduction aux quadratures de l'équation du second ordre

$$(1) \qquad \frac{d^2y}{dx^2} = h\,\mathrm{F}(x, y)$$

avec un paramètre h, c'est-à-dire de la détermination de F pour que cela soit possible. J'ai traité antérieurement le même problème quand on fixe h; il est d'ailleurs beaucoup plus difficile ([1]).

Les cas les plus simples sont ceux où l'équation (1) admet une intégrale première : $\varphi = \varphi(x, y, y', h)$ *rationnelle en* y' *et en* h, la seconde intégrale étant donnée par la quadrature

$$d\psi = \frac{dy - y'\,dx}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial y'}}.$$

Des circonstances très diverses peuvent se présenter : F peut dépendre d'une fonction arbitraire d'un argument (*caractéristique* indépendante de h) ou seulement de constantes, en nombre quelconque ou en nombre fixé. Voici quelques exemples, en dehors des cas immédiats, avec la méthode qui m'a permis de les traiter complètement.

B. Si l'intégrale première est un polynome de degré n en h, elle est de degré $2n$ en y'. Pour $n = 1$ on peut prendre

$$\varphi = \mathrm{A}_0 + a(x, y)h \qquad \text{avec} \qquad \mathrm{A}_0 = f_2(y', xy' - y) = \xi_0 y'^2 + \xi_1 y' + \xi_2,$$

([1]) Cf. par exemple *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1337.

où f_2 est un polynome du second degré en y' et $xy'-y$; on a ensuite

$$a = \Phi(\theta) \qquad \text{avec} \qquad \theta = \xi_0 - \frac{\xi_1^2}{4\xi_2}$$

et enfin

$$F = -\frac{\Phi'(\theta)\dfrac{\partial\theta}{\partial y}}{2\xi_0},$$

où la fonction Φ de l'argument *caractéristique* θ, intégrale de $\partial\varphi/\partial y' = 0$, demeure arbitraire.

C. Si l'on suppose φ de degré donné en y', le degré en h n'est pas toujours limité. C'est ce qui arrive pour les intégrales quadratiques : $\varphi = a_0 + a_1 y' + a_2 y'^2$. Dans tous les cas, $a_0 - a_1^2/4a_2$ est une fonction de l'intégrale ω de l'équation

$$2a_2 y' + a_1 = 0, \qquad \text{où} \qquad a_1 = \xi(x, h) - y\frac{\partial a_2}{\partial x},$$

c'est-à-dire de

$$\omega = \frac{y}{\sqrt{a_2}} + \sigma \qquad \text{avec} \qquad \sigma = \frac{1}{2}\int \frac{\xi\,dx}{a_2\sqrt{a_2}},$$

et du paramètre h.

Lorsque F est *linéaire* en y [1], $F = \lambda(x)y + \mu(x)$, on trouve, pour déterminer $a_2 = a(x, h)$, $\xi(x, h)$ et les deux fonctions $\lambda(x)$, $\mu(x)$, les deux conditions :

$$\text{(I)} \qquad \frac{\partial^3 a}{\partial x^3} - 4h\lambda\frac{\partial a}{\partial x} - 2ha\lambda' = 0,$$

$$\text{(II)} \qquad \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} - h\lambda\xi + 3h\mu\frac{\partial a}{\partial x} + 2ha\mu' = 0,$$

où $\lambda' = d\lambda/dx$, $\mu' = d\mu/dx$. On peut y satisfaire en posant

$$a = X_0 h^n + \ldots + X_n, \qquad \xi = \xi_0 h^n + \ldots + \xi_n,$$

d'où, pour les X_i et λ, un système différentiel dont la solution dépend de $(3n+3)$ constantes essentielles et un autre, pour les ξ_i et μ, qui introduit $(2n+3)$ constantes nouvelles. Ces systèmes (non linéaires) s'intègrent de la manière suivante :

1° L'équation (I) possède, quel que soit h, une intégrale première qua-

(1) Il existe toujours une intégrale première *linéaire* en y', mais transcendante en h; j'ai étudié sa réduction. Elle conduit à des formes simples de λ, polynome en x, la fonction μ restant arbitraire.

dratique

$$a\frac{\partial^2 a}{\partial x^2} - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial a}{\partial x}\right)^2 - 2h\lambda a^2 = -R(h) = -2h^{2n+1} + c_1 h^{2n} + \ldots + c_{2n+1},$$

où les c_i sont $(2n+1)$ constantes, qui sont autant d'intégrales premières des équations entre les X_i et λ. On en obtient n autres en observant que si l'on pose

$$a = X_0(h-h_1)\ldots(h-h_n),$$

les h_i, fonctions de x seul, satisfont aux relations

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\partial a}{\partial x}\right)^2_{h=h_i} = R(h_i),$$

que l'on peut transformer en un système intégrable

$$\sum \frac{h_i^p\, dh_i}{\sqrt{R(h_i)}} = 0 \qquad (p = 0, 1, \ldots, n-2),$$

$$\sum \frac{h_i^{n-1}\, dh_i}{\sqrt{R(h_i)}} = 2\frac{dx}{X_0} = \pm 2\frac{dx}{X_n} h_1 h_2 \ldots h_n.$$

La dernière équation s'intègre en tenant compte de l'équation $X_n''' = 0$, qui donne les intégrales qui manquent et permet de prendre simplement $X_n = x^2 + k$ ou $X_n = x$.

Ainsi les h_i sont définis au moyen de x par des *quadratures hyperelliptiques;* d'où l'on déduit leurs fonctions symétriques, les X_i.

2° L'intégration du système aux ξ_i, μ, déduit de (II), utilise la remarque faite plus haut; on a

$$aa_0 - \frac{a_1^2}{4} = M(y + \sigma\sqrt{a})^2 + 2N\sqrt{a}(y + \sigma\sqrt{a}) + Pa,$$

M, N, P étant des fonctions de h seul.

On trouve d'abord $2M = -R(h)$, ce qui redonnerait les résultats précédents, puis des équations qui donnent l'intégrale σ, enfin une relation *entière* en h qui, transformée, s'écrit

$$a\left(\frac{\partial\xi}{\partial x} + 2ha\mu\right)^2 - \xi\frac{\partial a}{\partial x}\left(\frac{\partial\xi}{\partial x} + 2ha\mu\right) + \frac{\xi^2}{2}\left(\frac{\partial^2 a}{\partial x^2} - 2ha\lambda\right) - 2hR(h)\int \mu\xi\, dx$$
$$= 4(N^2 - MP) = Q(h),$$

où $Q(h)$ est un polynome en h de degré $(3n+2)$, *à coefficients arbitraires;* $(n+1)$ d'entre eux sont liés à l'intégrale $\int \mu\xi\, dx$, les autres *déterminent*

les ξ_i, leurs dérivées premières et μ, si l'on tient compte de la condition initiale $\xi''_n = 0$ qui donne $\xi_n = \alpha x + \beta$.

On peut encore observer qu'en faisant $h = \theta_i$, où θ_i est une racine de $R(\theta) = 0$, on a $(2n+1)$ relations indépendantes des constantes de l'intégrale $\int \mu\xi\, dx$. L'intégration complète de (I) et (II) est terminée.

Dans le cas le plus simple, $n = 1$, n'intervient qu'une quadrature elliptique.

D. Lorsque F n'est plus linéaire en y, il peut encore se faire que le degré en h ne soit pas limité. Si l'on écarte le cas (A), il faut prendre

$$F = \frac{-2}{y^3} + \lambda y,$$

et l'on trouve l'intégrale quadratique

$$\varphi = a y'^2 - y \frac{\partial a}{\partial x} y' + \frac{y^2}{2} \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} - 2ha\left(\frac{1}{y^2} + \frac{\lambda}{2} y^2\right),$$

avec une seule condition pour $a(x, h)$ et $\lambda(x)$, condition qui est précisément la condition (I) du paragraphe précédent, que l'on a intégrée par les fonctions abéliennes hyperelliptiques les plus générales.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'éventualité de la capture du Logone, affluent du lac Tchad, par le Niger.* Note de M. **Jean Tilho.**

J'ai déjà présenté une Note à l'Académie à ce sujet, il y a huit ans environ, et je m'excuse d'y revenir aujourd'hui; mais je dois le faire parce que, sous le prétexte que cette capture ne serait pas imminente, rien n'a encore été entrepris pour étudier les moyens d'y parer, bien qu'elle soit lourde de conséquences dangereuses pour l'avenir du Tchad et des contrées avoisinantes.

Pour démontrer combien il serait imprudent de rester dans l'expectative, je rappellerai succinctement les conditions de soudaineté dans lesquelles s'est effectuée la capture de la Mahajamba par la Betsiboka, à Madagascar, une nuit de fin février 1903. J'indiquerai ensuite les analogies que présente ce cas avec celui du Logone.

Cas de la Mahajamba. — A la fin de 1902, ce fleuve, de direction générale N-NW, s'étalait, à sa sortie du massif central de la Grande Ile, dans la plaine d'Andranolava, qu'il inondait régulièrement pendant la saison des

pluies. Sur sa rive gauche, à courte distance *et un peu en contre-bas*, se trouvait la plaine marécageuse du Kabango, séparée de la précédente par le seuil de Tsinjorano, barrière latéritique sans grande consistance, d'une dizaine de mètres de hauteur. A travers ce seuil, une échancrure permettait au trop-plein des crues de la Mahajamba de s'évacuer vers le Kabango, lui-même tributaire du Kamoro, affluent de la Betsiboka.

La capture, latente depuis des siècles peut-être, et dont rien ne laissait prévoir l'imminence, s'est réalisée brusquement, en une seule nuit, dans les conditions suivantes :

Des pluies diluviennes persistantes provoquent, au début de 1903, de très fortes crues dans les rivières de la région (11^{m} à Port-Bergé) et la plaine d'Andranolava est transformée en un lac où toute circulation est impossible pendant un mois; le seuil de Tsinjorano est désagrégé par la violence des pluies et par le contact prolongé des eaux; l'échancrure, ouvrant passage vers le Kabango, s'évase en une large brèche.

Après six semaines environ d'accalmie, de nouvelles pluies diluviennes déterminent une recrudescence de montée des eaux dans la plaine d'Andranolava, et, au cours d'une des dernières nuits de février, les flots de la Mahajamba, rompant avec un bruit formidable le seuil de Tsinjorano, se précipitent dans la dépression du Kabango, pour dévaler par le seuil et les rapides d'Antafianimanga, dans la vallée du Kamoro et aller se déverser dans la Betsiboka, à 70^{km} de là.

Et, depuis lors, la Mahajamba, aux hautes comme aux basses eaux, a pratiquement cessé d'apporter un tribut appréciable à son ancienne vallée inférieure.

Cas du Logone. — La situation actuelle du Logone par rapport au Toubouri et à la Bénoué présente de très grandes analogies avec celle de la Mahajamba, en 1902, par rapport au Kabango et à la Betsiboka.

Le Logone coule sur le plateau central africain en direction N-W vers le lac Tchad; la bordure de ce plateau, à une centaine de kilomètres à l'Ouest, domine de 100 à 200^{m} les plaines où serpente la Bénoué, principal tributaire du Niger inférieur.

A chaque saison des pluies, les inondations du Logone s'étalent sur le plateau; une partie du trop-plein de la crue envahit le Toubouri, dépression marécageuse *légèrement en contre-bas* et s'écoule dans le Mayo-Kabi, affluent de la Bénoué, par les rapides du Mayo-Pê et les chutes Gauthiot.

Cette dépression du Toubouri appartenait, à une époque assez lointaine, au bassin du Logone; le seuil granitique de Mbourao formait alors obstacle

à l'écoulement de ses eaux vers l'Ouest; mais quand la lente usure de ce seuil eut amené la tête du thalweg du Mayo-Pê au voisinage de l'extrémité occidentale des marais, la capture de ceux-ci, puis des étangs situés plus à l'Est et des petites rivières qui s'y déversent, s'effectua progressivement, au fur et à mesure que se creusait la brèche ouverte dans le seuil de Mbourao.

La Kabia, elle-même, qui débouchait dans le Logone vers Diokoïdi, fit défection à son tour, lorsque après avoir colmaté les 20 derniers kilomètres de son bief inférieur (à pente trop faible pour évacuer jusqu'au fleuve les alluvions provenant des collines lakas), elle s'ouvrit un passage vers l'étang de Tikem, en arasant le petit seuil granitique de Ouaye.

Depuis lors, les positions relatives des systèmes hydrographiques du Logone et de la Bénoué dans la région du Toubouri peuvent se définir ainsi :

En saison sèche. — Une vaste plaine argileuse, large d'une trentaine de kilomètres, sépare le lit de la Kabia de celui du Logone; point d'autres reliefs que de minuscules éminences discontinues où les villages trouvent refuge contre les inondations; çà et là, serpentent sans ordre des sillons aplatis, reliant de multiples cuvettes où stagnent des mares temporaires ou permanentes.

Cette plaine présente une légère inclinaison descendante du Logone vers la Kabia, fait capital qui justifie à lui seul toutes les inquiétudes, la dénivellation étant de 4^{m} sur les 28^{km} séparant Ham et Pogo. Et, circonstance aggravante, elle est traversée en diagonale par un sous-afffuent de la Kabia, dont la naissance se trouve à proximité du débouché de la Tandjilé dans le Logone; c'est la dépression Eré-Pogo dont nous reparlerons un peu plus loin.

A l'Ouest de cette plaine, s'étend la dépression du Toubouri, long chapelet d'étangs et de marais, s'égrenant sur une centaine de kilomètres, depuis Diokoïdi jusqu'à Mbourao, en passant par Fianga. Plus à l'Ouest encore, c'est la descente rapide vers les chutes Gauthiot, le Mayo-Kabi et la Bénoué.

En saison des pluies. — Cette grande plaine sans relief est complètement inondée, établissant ainsi un contact hydrographique continu entre le Logone et les marais du Toubouri, sur plus de 100^{km} de front. Entre Fianga et Domo, le flot de crue de la Kabia détermine, le long de la rive orientale de l'étang, un courant portant vers le Nord, que le barrage en cul-de-sac de Domo refoule en direction du Sud, le long de la rive occidentale. Entre Fianga et Mbourao, le Toubouri, profond de 2 à 4^{m}, présente un courant vers l'Ouest, d'une vitesse de 1 à 3^{km} à l'heure.

Quant à la dépression Eré-Pogo, elle devient navigable pendant trois semaines, établissant une voie facile et courte entre Fianga et le Logone. Elle semble ainsi montrer la route qui s'offre naturellement à ce dernier pour la réalisation de sa capture par le Niger, et cela d'autant plus que la pente y serait un peu plus forte que dans le lit actuel du fleuve, entre Eré et Ham.

Si l'on ajoute qu'en cet endroit le Logone fait un grand coude vers l'Ouest, sensiblement à angle droit, dont le sommet est juste dans l'axe de la dangereuse dépression Eré-Pogo; que la poussée du courant creuse ce coude un peu plus vers l'Ouest, durant chaque saison des pluies; que la branche aval de ce coude est fortement rétrécie; qu'une grande île la borde à l'Est, témoignant de l'importance des dépôts en ce point où débouche la Tandjilé, et si l'on n'oublie pas l'exemple de la Mahajamba, on admettra aisément qu'il y ait là matière à inquiétude et qu'il soit peu raisonnable de s'abandonner à un optimisme que rien ne pourrait désormais justifier.

Mesures a prendre. — Que *l'équilibre apparent actuel* puisse se maintenir pendant des années encore, c'est possible! Mais ce n'est qu'un *équilibre précaire* et la prudence nous commande d'agir avec promptitude, afin de ne point nous laisser surprendre en Afrique centrale comme nous l'avons été à Madagascar.

Et la première question qui se pose est celle de savoir s'il est en notre pouvoir d'enrayer l'évolution de ce phénomène géographique.

Les uns tiennent pour la négative, d'autres pour l'affirmative. Mais ni les uns ni les autres ne peuvent étayer leur opinion sur des documents géographiques ayant une valeur scientifique certaine : car nous ne possédons sur cette région que de simples croquis d'assemblage de levés d'itinéraires dont l'exactitude dans les détails est très discutable.

La première mesure à prendre, et à prendre d'urgence, serait donc de faire recueillir sur place, et par des *spécialistes de choix*, les documents précis d'ordre géodésique, topographique, hydrologique, géologique, qui sont indispensables à l'établissement d'un plan d'action éventuel.

Et c'est pourquoi je viens demander à l'Académie de bien vouloir appuyer les efforts que je déploie pour que soit entreprise sans nouveaux retards l'étude des questions que pose la capture du Logone, dont l'importance géographique, aussi bien que politique et économique, ne saurait trop être soulignée.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'utilisation des verres colorés en jaune dans la technique des phares maritimes ou d'aviation.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Ayant montré [2] l'intérêt de l'introduction qui a été faite récemment de verres jaunâtres dans les projecteurs d'automobiles, dans le but d'augmenter l'acuité visuelle et surtout de diminuer l'éblouissement des observateurs, j'ai été ainsi conduit à me demander si la coloration en jaune des feux maritimes blancs actuels présenterait des avantages à ce dernier point de vue [3]. Tout d'abord, il faut remarquer que la coloration des feux blancs, qui étaient autrefois produits uniquement par des lampes à pétrole à une ou plusieurs mèches concentriques donnant une lumière assez jaunâtre, a été beaucoup modifiée par les perfectionnements des sources modernes, qui les ont presque partout remplacées : manchons Auer à incandescence par le gaz ou la vapeur de pétrole, flammes d'acétylène, lampes électriques à filaments dans une atmosphère gazeuze, lampes à arc; on a beaucoup augmenté ainsi dans les faisceaux lumineux des phares la proportion des rayons plus réfrangibles par rapport aux rayons moins réfrangibles. On doit examiner les avantages et les inconvénients qui pevent en résulter.

Il faut d'ailleurs remarquer que la question se présente pour les phares maritimes d'une manière sensiblement différente de ce qui a lieu pour les projecteurs d'automobiles.

A grande distance, la réflexion de la lumière sur le brouillard ou les vésicules d'eau de l'atmosphère, très gênante pour les observateurs dans le cas des automobiles, est au contraire favorable pour la reconnaissance des feux par le navigateur; car les faisceaux du phare par un temps légèrement brumeux sont ainsi matérialisés près du phare et visibles à grande distance; ils servent même quand le temps est assez clair, à signaler la position d'un phare quand la vision directe du feu est empêchée par la courbure de la mer.

Mais à faible distance les faisceaux blancs sont aveuglants et ont donné lieu assez souvent à des objections de la part des pêcheurs ou de la naviga-

---

(1) Séance du 8 octobre 1934.

(2) *Comptes rendus* 198, 1934, p. 1198.

(3) Travail exécuté pour le service des Phares et Balises.

tion côtière, lorsqu'ils proviennent de feux peu élevés et que la divergence naturelle des faisceaux est telle que les faisceaux rencontrent la mer à faible distance.

Dans de tels cas on pourrait réduire beaucoup l'éblouissement en filtrant la lumière de la source employée par des glaces ou par un manchon (moins coûteux) en verre absorbant les rayons violets et ultraviolets, les plus nuisibles et qui ne peuvent aider la visibilité même à grande distance.

En ce qui concerne les feux de ports à faible hauteur et de portée plus ou moins réduite, dont la visibilité ne dépend que de la vision directe, on peut aller plus loin dans cette voie et filtrer, comme pour les automobiles, la lumière par des verres colorés en jaune plus ou moins caractérisé, pourvu que cette teinte ne risque pas de tourner au rouge, par absorption à travers le brouillard, comme la teinte des lampes à pétrole. Or, grâce aux progrès récents de la technique des verres colorés, on sait aujourd'hui produire des verres jaunes qui coupent assez brusquement les longueurs d'ondes à partir d'une certaine limite, qui peut être, suivant les verres employés, 3500, 4250, 4000, 4500, 4750 et 5000 angströms [1]. Les verres au sélénium-cadmium employés actuellement pour les projecteurs d'automobiles et qui coupent à partir de 4750 ou de 5000 suivant que les types sont clairs ou foncés [2], ont une coloration dite jaune d'or qui conviendrait pour des signaux maritimes à très faible portée. Pour les autres, il conviendrait de limiter la coupure à 4750 ou 4500; on a ainsi des couleurs « jaune serin ».

La seule objection qu'on puisse faire aux verres jaunes est relative aux pertes auxquelles ils donnent lieu et qui sont de deux sortes : d'une part les réflexions sur les surfaces d'entrée et de sortie, soit au total environ 9 pour 100 irrécupérables à grande distance par suite de l'aberration des rayons réfléchis; d'autre part, l'absorption globale des rayons transmis par le verre coloré; les verres jaunes cités plus haut réduisent le coefficient

---

(1) Ces limites correspondent respectivement aux qualités GG2, GG3, GG4, GG5, GG7, GG11 de la série jaune des filtres colorés de Schott et Gen, infiniment plus sélectifs que ceux produits par la même Société avant 1915.

Les verres n°s 3, 4, 5, 7, des Verreries de Bagneaux et Appert frères, ont sensiblement les mêmes teintes que les numéros correspondants de Schott. Ce sont des « jaunes serin » allant du clair au foncé, et notablement différents de la teinte jaune d'or citée plus haut.

(2) Cf. A. Monnier et M. Mouton, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1659.

global de transmission à des chiffres variant de 0,70 à 0,95 suivant la coloration et l'épaisseur. Cela n'a pas beaucoup d'inconvénient parce que la lumière perdue est surtout empruntée aux rayons plus réfrangibles que le jaune, donc à ceux qui seraient les plus absorbés par la brume. Leur réduction au départ ne modifie donc guère le rendement utile d'un phare, dont la puissance lumineuse en temps clair est toujours surabondante.

Pour réduire les pertes par réflexion on pourrait exécuter en verre jaune les appareils optiques destinés à des établissements nouveaux. L'éclairage par incandescence électrique se prête à une solution plus simple, l'emploi d'ampoules en verre jaune, de dimensions beaucoup plus grandes que celles des projecteurs d'automobile; mais pour cela le concours des fabricants serait nécessaire.

A défaut de ces solutions, l'emploi de manchons en verre jaune autour des sources blanches reste rationnel, parce qu'une perte supplémentaire de 9 pour 100 n'entraîne qu'une réduction proportionnelle bien moindre de la portée, et relativement d'autant plus faible que le temps est plus brumeux.

L'appareil de comparaison de signaux colorés que j'ai décrit précédemment [1] permet de mesurer le coefficient de transparence apparente des verres employés sous différentes épaisseurs, et, d'autre part, le rapport photochromatique, c'est-à-dire le multiplicateur par lequel il faut renforcer l'éclairement reçu par l'œil (par exemple, en rapprochant l'observateur de l'appareil à signaux) pour qu'un point lumineux très petit, perçu incolore et grisâtre à grande distance, apparaisse nettement coloré.

En comparant un feu blanc avec le feu coloré en jaune serin par le verre n° 5, ou en même teinte plus foncée par le verre n° 7, on constate que le premier réduit la portée [2] d'environ 10 pour 100 et le second d'environ 15 pour 100 et que les rapports photochromatiques sont 46 et 50; la teinte jaune est donc peu prononcée.

Si l'on interpose un brouillard artificiel (cuve à eau de savon faible) réduisant de 50 pour 100 la portée du feu blanc, la réduction de portée produite par les verres colorés n'est que faiblement réduite.

Par contre les rapports photochromatiques atteignent des valeurs élevées : 290 et 225 respectivement.

---

(1) A. Blondel, *Congrès de l'Association internationale des signalisations maritimes*, Paris, 1933, et *Revue de l'Électricité*, 24, 1933, p. 3.

(2) Suivant la simple loi du carré des distances, ou l'absence d'absorption atmosphérique.

Or, plus est grand le rapport photochromatique, plus le feu se comporte à grande distance comme un feu blanc ; cela prouve (et on le vérifie par la vue) qu'en temps de brouillard, la coloration jaune ne donne lieu à aucune confusion avec un signal rouge et ne peut donc présenter d'inconvénient. Elle est certainement préférable à la coloration rougeâtre des feux à pétrole.

D'autre part, la coloration jaune qui, contrairement à ce qui a lieu sur terre, n'a jamais été employée dans la signalisation maritime, peut présenter un réel avantage comme caractère distinctif, par exemple pour les feux de ports actuellement blancs, en évitant mieux qu'on puisse les confondre avec les lampes électriques de la voie publique ou des installations particulières dont le nombre va croissant dans les ports de mer.

En résumé, bien qu'elle entraîne une certaine réduction de portée; la coloration en jaune (convenablement choisie) des feux de ports actuellement blancs, semble pouvoir améliorer la signalisation maritime au point de vue de la sécurité, en diminuant l'éblouissement à l'entrée des ports et en rendant le caractère plus distinctif.

Il en serait de même, semble-t-il, pour les feux des ports d'aviation, pour lesquels la question de l'éblouissement doit aussi être prise en considération.

NOMINATIONS.

M. **H. F. Osborn** est désigné pour représenter l'Académie à la 95e réunion de l'*American Association for the Advancement of Science*, à Pittsburgh, Pennsylvania, du 27 décembre 1934 au 22 janvier 1935.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du télégramme suivant :

Émile Borel, Président Académie Sciences, Paris.

Belgrade, 10 octobre.

Académie royale serbe des Sciences, profondément touchée par les condoléances Académie des Sciences, Paris, dans deuil national si vivement ressenti dans nos deux pays amis, exprime remerciements les plus chaleureux.

Président : Gavrilovitch.
Secrétaire : Belitch.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Acta* Universitatis Patavinae *septima saecularia celebrantis*, MCCXXII-MCMXXII.

2° *Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique*, par Gaston Bonnier. Tome douzième par Robert Douin.

3° *Traité de Climatologie biologique et médicale*, publié sous la direction de Marius Piery. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

M. **Louis Lutz** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Botanique par le décès de M. *H. Lecomte*.

ALGÈBRE. — *Sur quelques nouvelles limitations des modules des zéros des polynomes*. Note [1] de M. **Paul Montel**.

Je me propose d'énoncer quelques applications et extensions des formules relatives aux limites supérieures des modules de p zéros d'un polynome de degré n, assujetti à $p+1$ conditions, que j'ai données récemment [2].

1. Considérons le polynome complet

$$P(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_p x^p + \ldots + a_n x^n$$

et désignons par s le plus grand des modules des rapports

$$\frac{a_0}{a_1}, \quad \frac{a_1}{a_2}, \quad \ldots, \quad \frac{a_{p-1}}{a_p}.$$

On peut démontrer le théorème suivant dans lequel q désigne, comme dans la Note précédente, le nombre $n-p+1$:

Le polynome $P(x)$ *a au moins p zéros dont les modules sont inférieurs à* $2qs$.

Lorsque $p=n$, on retrouve la limite $2s$ obtenue par M. Anghelutza [3]. Lorsque, en outre, les coefficients sont réels et positifs, la limite supérieure est égale à s comme l'a démontré Hurwitz. Si quelques-uns des coefficients considérés sont nuls, il suffit de remplacer les rapports consécutifs qui

(1) Séance du 8 octobre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 651.

(3) *Bull. de l'Acad. roumaine*, 16, 1934, p. 119.

contiennent des zéros par leur moyenne géométrique. Enfin, on obtient un théorème de même nature en remplaçant a_p par a_n ou par un coefficient a_{p+h} dont l'indice est compris entre p et n. Le nombre s est une limite supérieure des nombres $\sqrt[p-k]{|a_k|}$ pour $k = 0, 1, 2, \ldots, p$, en supposant a_p égal à l'unité. Réciproquement, une telle limite n'est pas toujours supérieure aux modules de tous les rapports : c'est pourquoi il est plus avantageux d'introduire la valeur s du plus grand des nombres $\sqrt[p-k]{|a_k|}$.

2. Désignons par R_m la moyenne d'ordre m des modules des coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_{n-1}, a_n = 1$ d'un polynome $P(x)$,

$$R_m = \sqrt[m]{|a_0|^m + |a_1|^m + \ldots + |a_{n-1}|^m + 1}.$$

On sait que R_m, si $1 < m \leqq 2$, et $2R_m$, si $2 < m$, sont des limites supérieures pour les modules des zéros de $P(x)$ [1].

Si l'on désigne par $R_{m,p}$ les moyennes relatives aux seuls coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_{p-1}, 1$, on obtient le résultat suivant :

Le polynome $P(x)$ a au moins p zéros dont les modules sont inférieurs à

$$\theta \sqrt[q]{R_{m,p}} = \theta \sqrt[mq]{|a_0|^m + \ldots + |a_{p-1}|^m + 1} \qquad (q = n - p + 1),$$

θ étant égal à $p^{q-1/qm}$ si $1 < m \leqq 1 + 1/q$ et à $2p^{p-1/qm}$ si $1 + 1/q < m$.

Si l'on fait tendre m vers l'infini, on retrouve la limite $1 + \sqrt[q]{M_p}$ indiquée dans la Note rappelée au début.

3. Si l'on fait tendre m vers l'unité, on est conduit en particulier à la proposition suivante :

Le polynome

$$P(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_{p-1} x^{p-1} + \ldots + x^n,$$

dans lequel les coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_{p-1}$ sont réels et vérifient les inégalités

$$0 \leqq a_0 \leqq a_1 \leqq \ldots \leqq a_{p-1} \leqq \frac{1}{p^{n-p}},$$

a au moins p zéros dont les modules sont inférieurs à un.

Lorsque $p = n$, on retrouve le théorème de M. Kakeya [2]. L'énoncé précédent peut être considéré comme une extension de ce théorème dans

---

(1) P. MONTEL, *Comptes rendus Soc. des Sciences et des Lettres de Varsovie*, 24, 1931, p. 317.

(2) *The Tôhoku Mathematical Journal*, 2, 1912, p. 140.

laquelle on suppose arbitraires les valeurs des coefficients $a_p, a_{p+1}, \ldots, a_{n-1}$.

Si l'on suppose seulement

$$0 \leqq a_0 \leqq a_1 \leqq \ldots \leqq a_{p+1} \leqq 2,$$

le polynome $P(x)$ a au moins p zéros de modules inférieurs à 2.

En général : *le polynome* $P(x)$ *a au moins* p *zéros dont les modules sont inférieurs au plus grand des deux nombres* 2 *et* $|a_0| + |a_1| + \ldots + |a_{p-1}|$.

4. Les expressions R_m sont liées aux moyennes de M. Hardy relatives au polynome $P(x)$. Désignons par $\mathfrak{M}_m$ la moyenne d'ordre m relative au polynome $P(x)$ prise sur la circonférence-unité :

$$\mathfrak{M}_m = \left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |P(e^{i\theta})|^m \, d\theta\right]^{\frac{1}{m}}.$$

Nous supposerons m positif ou nul. La moyenne $\mathfrak{M}_m$ croît avec m depuis la valeur $\mathfrak{M}_0$ de la moyenne géométrique jusqu'à la valeur $\mathfrak{M}_\infty = M$ du module maximum de $P(x)$ dans le cercle-unité. On établit aisément la proposition :

Les modules des zéros du polynome

$$P(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_p x^p + \ldots + a_n x^n$$

sont compris entre les nombres

$$\frac{|a_0|}{\mathfrak{M}_m} \quad \text{et} \quad \frac{\mathfrak{M}_m}{|a_n|}.$$

En particulier, on peut remplacer $\mathfrak{M}_m$ par le module maximum M de $P(x)$ dans le cercle-unité. Le cas de $m = 2$ a été aussi considéré par M. Landau.

Si l'on introduit les moyennes $\mathfrak{M}_{n,p}$ relatives au polynome partiel

$$a_0 + a_1 x + \ldots + a_{p-1} x^{p-1},$$

on peut donner une limite supérieure des modules de p zéros de $P(x)$ en fonction d'une moyenne $\mathfrak{M}_{m,p}$ et du module d'un coefficient a_{p+h} $(0 \leqq h \leqq n - p)$. Par exemple, pour $a_n = 1$, on a la limite

$$2 + \sqrt[q]{\mathfrak{M}_{n,p}} \qquad (q = n - p + 1).$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques lois d'erreurs analogues aux erreurs systématiques.* Note de M. **H. Eyraud**, présentée par M. Hadamard.

Soient n mesures d'une grandeur, effectuées dans les mêmes conditions avec un appareil déterminé. Rangeons ces mesures par ordre de grandeur non décroissante

$$x_1 \leqq x_2 \leqq x_3 \leqq \ldots \leqq x_n. \tag{1}$$

Dans la théorie classique de Gauss, on admet que la valeur la plus probable de la grandeur à mesurer est la moyenne des n mesures.

Il y a évidemment des cas où la loi d'erreur est différente de la loi de Gauss. En particulier, il existe des déterminations qui ne peuvent être obtenues que *par défaut*. Telles sont par exemple :

1° La limite extrême de la durée de la vie humaine;

2° Le poids d'une monnaie ancienne dont on ne dispose que d'exemplaires altérés par le temps.

Le fait d'être ainsi de sens nécessairement constant rapproche les erreurs ainsi connues des erreurs systématiques, quoiqu'elles soient visiblement, par ailleurs, de caractère accidentel.

De nombreux cas peuvent encore se présenter où les déterminations par défaut seront plus nombreuses que les déterminations par excès ou inversement.

Soit p une fonction comprise entre zéro et l'unité. Supposons n grand et, pour simplifier, tel que np soit un entier; admettons que la valeur la plus probable de la grandeur à mesurer soit indéterminée dans l'intervalle

$$x_{np} \leqq x \leqq x_{np+1}. \tag{2}$$

Une analyse toute semblable à celle de Gauss conduit à attribuer à la fonction d'erreur $f(\omega)$ la valeur

$$\left\{\begin{array}{ll} f(\omega) = h\sqrt{p^2+q^2}.e^{\frac{h}{p}\sqrt{p^2+q^2}.\omega} & (\text{pour } \omega < 0), \\ f(\omega) = h\sqrt{p^2+q^2}.e^{-\frac{h}{q}\sqrt{p^2+q^2}.\omega} & (\text{pour } \omega > 0), \end{array}\right. \tag{3}$$

où l'on a posé

$$q = 1 - p.$$

On détermine aisément, relativement à cette loi d'erreur :

L'erreur centrale (qu'on a la probabilité 1/2 de surpasser)

$$\lambda = -\frac{p \log(2p)}{h\sqrt{p^2+q^2}}. \tag{4}$$

L'erreur moyenne

$$M = \frac{q-p}{h\sqrt{p^2+q^2}}. \tag{5}$$

La dispersion, ou moment quadratique moyen,

$$\sigma^2 = \frac{1}{h^2}. \tag{6}$$

Cas de $p=1$. — La loi limite (3) (abstraction faite du passage à la limite qui y conduit) conserve un sens si l'on y fait $p=1$, $q=0$. Sur n expériences, la plus grande mesure se trouve alors être la plus probable.

Cette plus grande mesure admet une fonction de probabilité totale dont l'expression est

$$\begin{aligned} F_n(\omega) &= e^{nh\omega} \qquad \text{pour } \omega < 0, \\ &= 1 \qquad \text{pour } \omega > 0, \end{aligned}$$

elle a même forme que celle qui est relative à chaque expérience, mais la précision est n fois plus grande.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Transformation des surfaces à l'aide de ∞^2 quadriques ayant un contact du second ordre avec la surface et sa transformée.* Note de M. **Serge Finikoff.**

1. Une quadrique Q à deux paramètres touche son enveloppe en 8 points; si ces 8 points se réduisent à deux, réunion chacun de 4 points caractéristiques confondus, l'enveloppe ne comprend plus que deux nappes S, S′ ayant avec chaque quadrique Q un contact du second ordre et nous dirons que S′ est une transformée de S par la famille de quadriques Q. Comme les asymptotiques de S, S′ touchent les génératrices de Q qui passent par le point de contact, leurs tangentes aux points homologues M, M′ de S, S′ concourent en M_1 et M_2 : les coordonnées homogènes de M_i vérifient un système :

$$M_u = \frac{m-a}{2}M + M_1, \qquad M_v = \frac{n-b}{2}M + M_2,$$

$$M_{1u} = A_1 M + \frac{a-m}{2}M_1 + \beta M_2, \qquad M_{1v} = B_1 M + \frac{b+n}{2}M_1 + a_2 M_2 + M',$$

et

$$M_{2u} = A_2 M + b M_1 + \frac{a+m}{2} M_2 + M', \qquad M_{2v} = B_2 M + \gamma M_1 + \frac{b-n}{2} M_2,$$

$$M'_u = A_2 M_1 + A_1 M_2 - \frac{a+m}{2} M', \qquad M'_v = B_2 M_1 + B_1 M_2 - \frac{b+n}{2} M';$$

Les développables des congruences (MM′), ($M_1 M_2$) se correspondent. Elles découpent sur S, S′ deux familles de lignes C, C′ dont les tangentes concourent.

2. Quelle que soit la surface S donnée, il existe ∞ surfaces transformées S′, dépendant de deux fonctions d'un argument et de cinq constantes arbitraires : les valeurs numériques de a, b, a_v, m, n en un point M_0 de S et les valeurs de A_2, B_1 le long d'une courbe issue de M; mais il y a deux cas singuliers correspondant à $ab - \beta\gamma = 0$.

Le premier est caractérisé par $ab = \beta\gamma$, $a^2 = b\beta$, $b^2 = a\gamma$. Les tangentes au point triple de l'intersection de S et Q se confondent en une direction de Darboux : les surfaces S forment une classe spéciale dépendant de trois fonctions arbitraires d'un argument et à chacune correspond une transformée S′ dépendant d'une fonction de deux arguments.

Le second cas singulier est caractérisé par $ab = \beta\gamma$, $A_2 = B_1$; la congruence (MM′) est conjuguée à S, S′ et la congruence ($M_1 M_2$) est harmonique à S, S′. Les tangentes des lignes C, C′ sont conjuguées sur S, S′; elles sont situées dans les plans focaux de MM′ et coupent $M_1 M_2$ aux foyers; elles engendrent deux paires de congruences consécutives de deux suites de Laplace qui sont inscrites dans la suite (MM′) et circonscrites à la suite ($M_1 M_2$). Le couple des congruences (MM′), ($M_1 M_2$) est stratifiable dans un sens; il existe ∞^1 surfaces dont les plans tangents aux points de rencontre avec un rayon MM′ passent par le rayon $M_1 M_2$ homologue. La configuration dépend de cinq fonctions d'un argument.

3. Si, en plus des conditions du nº 1, les asymptotiques de S et S′ se correspondent, cela peut arriver de deux façons différentes : correspondance *directe* : les asymptotiques qui se correspondent sont celles dont les tangentes (MM_1 et $M'M_1$, ou MM_2 et $M'M_2$) sont concourantes; correspondance *inverse*, asymptotiques, tangentes à MM_1 sur S et à $M'M_2$ sur S′ (ou à MM_2 et $M'M_1$). Pour la correspondance directe il y a deux cas : le premier se ramène par homographie à une surface S quelconque et à sa symétrique relativement à un point O; autrement dit, les rayons MM′ passant par un point fixe P, les rayons $M_1 M_2$ sont dans un plan fixe Π; on a $A_1 = B_2 = 0$, $A_2 = B_1$. Le second cas : $A_1 = B_2 = 0$, $a = 0$, $b = 0$; les quadriques Q sont

les quadriques de Lie de S et S'; les développables de (MM'), (M_1M_2) correspondent aux asymptotiques de S, S'; les points M_1, M_2 sont les foyers de M_1M_2. Les surfaces S, S' sont les surfaces de M. Godeaux. Pour la correspondance inverse, on a $A_2 = B_1 = 0$, $ab = \beta\gamma$. Le couple (MM'), (M_1M_2) est stratifiable dans les deux sens et conjugué. La surface S est une surface R particulière qui appartient à la classe des surfaces isotherme-asymptotiques de M. Fubini et dépend de trois fonctions d'un argument; S' lui est projectivement applicable.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application des opérations différentielles linéaires aux séries.* Note (¹) de M. **G. Pólya**, présentée par M. Hadamard.

1. Considérons l'opération générale

$$D = \sum \varphi_{\alpha\beta}(x, y) \frac{\partial^{\alpha+\beta}}{\partial x^\alpha \partial y^\beta}.$$

Je suppose que la fonction $\varphi_{\alpha\beta}(x, y)$ et ses dérivées partielles jusqu'à l'ordre α en x et β en y sont continues et ont une valeur indépendante de l'ordre des dérivations et, si l'opération D est appliquée à $f(x, y)$, j'admets la même chose pour toutes les dérivées partielles qui interviennent dans l'expression $Df(x, y)$. Avec ces hypothèses, $Df(x, y)$ sera continue. Voici une généralisation assez étendue du théorème classique sur la dérivation des séries (ou plutôt d'une forme un peu moins précise de ce théorème) :

I. *Supposons que la suite $f_1(x, y)$, $f_2(x, y)$, ... satisfasse, dans un domaine ouvert du plan, aux conditions suivantes :*

1° *Les fonctions $f_n(x, y)$ sont bornées dans leur ensemble et*

$$\lim_{n\to\infty} f_n(x, y) = f(x, y);$$

2° *L'opération* D *est applicable à chacune des fonctions $f_n(x, y)$ et l'on a uniformément*

$$\lim_{n\to\infty} Df_n(x, y) = g(x, y);$$

3° *L'opération* D *est applicable à $f(x, y)$.*

(¹) Séance du 15 octobre 1934.

Alors on peut affirmer que $Df(x, y) = g(x, y)$.

Dans la démonstration du théorème classique, c'est-à-dire du cas spécial où D se réduit à $\partial/\partial x$, la formule des accroissements finis joue un rôle décisif. Pour démontrer le théorème I, il faut faire jouer le même rôle au lemme suivant :

II. *A chaque opération* D, *on peut faire correspondre une fonction* $K(u, v; x, y, \delta)$ *continue pour* $-\delta \leqq u \leqq \delta$, $-\delta \leqq v \leqq \delta$, $\delta > 0$ *et telle que*

$$\int_{-\delta}^{\delta}\int_{-\delta}^{\delta} K(u, v; x, y, \delta) f(x+u, y+v)\, du\, dv = D f(\xi, \eta),$$

(ξ, η) *étant un certain point intérieur au carré dont les sommets sont* $(x \pm \delta, y \pm \delta)$.

Si, dans l'expression de D, on a $\alpha \leqq k$, $\beta \leqq l$, on peut donner à la fonction K la forme

$$\frac{(2k+1)!\,(2l+1)!}{(k!\,l!\,2^{k+l+1}\delta)^2} \sum (-1)^{\alpha+\beta} \frac{\partial^{\alpha+\beta}}{\partial u^\alpha \partial v^\beta}\left[\left(1-\frac{u^2}{\delta^2}\right)^k \left(1-\frac{v^2}{\delta^2}\right)^l \varphi_{\alpha\beta}(x+u, y+v)\right],$$

comme on s'en convaincra aisément en intégrant par parties.

Lorsque D se réduit à $\partial/\partial x$, l'hypothèse (3) devient superflue, puisqu'elle devient une conséquence des hypothèses (1) et (2), mais pour d'autres opérations, par exemple pour $D = \partial^2/\partial x^2 - \partial^2/\partial y^2$, il n'en est pas ainsi. Dans plusieurs cas, par exemple si D est le Laplacien $\Delta = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$, on parvient à réduire l'hypothèse (1) en faisant jouer le rôle du lemme II à quelque autre théorème plus spécial analogue au théorème des accroissements finis [1].

2. Si u est une solution de l'équation $\Delta u = 1$ dans un cercle fermé de rayon a donné, u a dans ce cercle un maximum $M(u)$ différent de O. On déduit aisément du théorème I l'existence d'un nombre *positif* p tel que $M(u) \geqq p$ pour toutes les fonctions u en question. On peut trouver directement que la meilleure valeur de p, le véritable « minimum maximorum » est $a^2/8$ et l'on peut montrer plus généralement qu'aucune solution de l'équation $\Delta^m u = 1$ ne s'écarte moins de zéro que $2/(m!)^2(a^2/16)^m$ et qu'il y a une solution dont l'écart est exactement égal à cette valeur. Ceci est un exemple bien simple du genre de problèmes qu'on rencontre en poursuivant les analogies esquissées entre l'opération d/dx et d'autres opérations différentielles linéaires D.

---

[1] Voir ma Note précédente, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 655.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions métasphériques.*
Note [1] de M. **Gh. Th. Gheorghiu**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient

$$(1) \qquad \mathcal{A}_\nu(ix, \lambda) = \frac{2^\lambda i^{\lambda-\nu}}{\Gamma(-\lambda)} \int_0^\infty e^{-ux} u^{-\lambda-1} \mathcal{C}_\nu(u)\, du,$$

où $\mathcal{C}_\nu(u)$ est une fonction cylindrique, et

$$(2) \qquad R(-\lambda \pm \nu) > 1.$$

Ces fonctions sont des fonctions métasphériques. En effet, on prouve, en tenant compte des relations qui existent entre les fonctions cylindriques, que ces fonctions satisfont aux équations fonctionnelles qui définissent les fonctions métasphériques.

Réciproquement, comme une fonction métasphérique générale s'exprime linéairement à l'aide de deux fonctions métasphériques particulières, on démontre, en tenant compte de ce qui précède, qu'une fonction métasphérique qui satisfait à (2) peut s'écrire sous la forme (1). *On peut donc prendre l'expression* (1) *comme définition des fonctions métasphériques.*

Analogiquement, on peut définir les fonctions métasphériques à plusieurs variables générales, par la formule

$$(3) \qquad \mathcal{A}_{\nu_1,\nu_2,\ldots,\nu_q}(ix_1, ix_2, \ldots, ix_p; \lambda) = \frac{2^{p\lambda} i^{p\lambda-N}}{\Gamma(-\lambda)} \int_0^\infty e^{-uX} u^{-\lambda-1} \mathcal{C}_{\nu_2}(uX_1)\, \mathcal{C}_{\nu_2}(uX_2) \ldots \mathcal{C}_{\nu_q}(uX_p)\, du,$$

où $R(-\lambda \pm \nu_1 \pm \nu_2 \pm \ldots \pm \nu_p) > p$. Si les indices ne sont pas entiers, on a

$$(4) \qquad \mathcal{A}_{\nu_1,\nu_2,\ldots,\nu_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda) = \sum_\pm a_{\pm\nu_1} a_{\pm\nu_2} \ldots a_{\pm\nu_p} A_{\pm\nu_1,\pm\nu_2,\ldots,\pm\nu_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda),$$

$\sum_\pm$ désignant la somme qu'on obtient en prenant les signes + et — de toutes les manières possibles [2], les fonctions $A_{\nu_1,\nu_2,\ldots,\nu_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda)$ étant des fonctions métasphériques à plusieurs variables particulières [3], et les coefficients a étant des fonctions périodiques de ν ayant la période

[1] Séance du 15 octobre 1934.
[2] Les signes des indices correspondent aux coefficients et aux fonctions.
[3] *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 476.

additive $+1$. Il en résulte que ces fonctions satisfont au système des équations aux dérivées partielles auquel satisfont les fonctions

$$A_{\nu_1,\nu_2,\ldots,\nu_p}(x_1, x_2, \ldots, x_p; \lambda).$$

II. Si l'on suppose $R(-\lambda) > 1$, et si l'on prend comme fonction cylindrique la fonction

$$\mathcal{C}_\nu(u) = [\psi(-\lambda) + \log(2i)] J_n(u) - Y^{(n)}(u),$$

$\psi(x)$ *étant la dérivée logarithmique* de $\Gamma(x)$, la fonction (1), que nous désignons par $B_n(x, \lambda)$, forme avec $A_n(x, \lambda)$ un système fondamental pour l'équation différentielle

$$(x^2 - 1)y'' - (2\lambda - 1)xy' + (\lambda^2 - n^2)y = 0.$$

Cette fonction a comme expression

$$(5)\quad B_n(x, \lambda) = \frac{\partial A_n(x, \lambda)}{\partial \lambda} + \frac{(2x)^{\lambda+n}}{2\Gamma(-\lambda)} \sum_{m=0}^{n-1} (-1)^{n-m} \times \frac{(n-m-1)!\,\Gamma(-\lambda-n+2m)}{m!} \left(\frac{1}{2x}\right)^{2m} + \frac{(2x)^{\lambda-n}}{2\Gamma(-\lambda)} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\Gamma(-\lambda+n+2m)}{m!\,(n+m)!} \times \left[\left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{m}\right) + \left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{n+m}\right)\right] \left(\frac{1}{2x}\right)^{2m}.$$

Si l'on pose

$$(6)\quad F_n(x, \lambda) = \lim_{\nu = n} \frac{A_\nu(x, \lambda) - A_{-\nu}(x, \lambda)}{\nu - n},$$

où l'on prend $A_{-n}(x, \lambda) = A_n(x, \lambda)$, alors on a

$$(7)\quad B_n(x, \lambda) = [\psi(-\lambda) + C] A_n(x, \lambda) - \frac{1}{2} F_n(x, \lambda),$$

C étant la constante d'Euler.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le problème balistique de Lagrange : la première zone médiane.* Note (¹) de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Émile Jouguet.

1. Le problème balistique de Lagrange a été étudié notamment par MM. A. E. H. Love et F. B. Pidduck (²). En particulier M. Love a étudié le mouvement dans la première zone médiane en supposant :

$$\gamma=\frac{2n+1}{2n-1} \quad \text{et} \quad n=5,$$

γ désignant le rapport des chaleurs spécifiques des gaz à pression et à volume constants. J'utiliserai la notation du Mémoire de MM. Love et Pidduck (³). La fonction Z, dont la connaissance permet de résoudre le problème, doit satisfaire à l'équation aux dérivées partielles d'Euler-Poisson :

$$\frac{\partial^2 Z}{\partial\sigma^2}+\frac{2n}{\sigma}\frac{\partial^2 Z}{\partial\sigma}-\frac{\partial^2 Z}{\partial\nu^2}=0 \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^2 Z}{\partial r\,\partial s}+\frac{n}{r+s}\left(\frac{\partial Z}{\partial r}+\frac{\partial Z}{\partial s}\right)=0$$

(avec $\sigma=r+s$ et $\nu=r-s$).

Cette fonction est connue lorsqu'on sait déterminer deux intégrales particulières $Z_1(r,s)$ et $Z_2(r,s)$ toutes deux identiquement nulles pour $r=r_0=\sigma_0/2$ (constante) et telles que, pour $s=s_0=\sigma_0/2$, elles soient respectivement égales à

$$Z_1(r,s_0)=\left(\frac{r_0+r}{r_0+s_0}\right)-1, \qquad Z_2(r,s_0)=1-\left(\frac{r_0+s_0}{r_0+r}\right)^{2n-1}.$$

Au prix de longs calculs, M. Love, en appliquant la méthode de Riemann, a établi (dans le cas de $n=5$) que les solutions Z_1 et Z_2, toutes deux de la forme

$$(1) \qquad Z=\left(\frac{1}{\sigma}\frac{\partial}{\partial\sigma}\right)^{n-1}\frac{\psi(\sigma+\nu)}{\sigma}=\sum_{k=1}^{k=n}(-1)^{k+1}A_k^{n-1}\sigma^{-(n+k-1)}\frac{\partial^{n-k}\psi(\sigma+\nu)}{[\partial(\sigma+\nu)]^{n-k}}$$

(A_k^{n-1} quantités numériques),

(¹) Séance du 15 octobre 1934.

(²) *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, série A, **222**, mai 1922, p. 167.

(³) Traduit dans le *Mémorial de l'Artillerie française*, **3**, f. 2, 1924, p. 701.

étaient respectivement déterminées à des coefficients constants près par

$$\psi(\sigma+\nu)=\varphi_1(r)=(r^2-r_0^2)^n, \qquad \psi(\sigma+\nu)=\varphi_2(r)=\int_{r_0}^{r}(r^2-r_0^2)^{n-1}\,dr.$$

2. Des remarques simples et un calcul direct très rapide permettent de parvenir aux mêmes conclusions quand n est un entier quelconque.

Il suffit en effet de noter d'une part que

$$(2)\quad \left(\frac{1}{\sigma}\frac{\partial}{\partial\sigma}\right)^{n-1}\frac{(r+r_0)^\lambda+(-1)^{\lambda-1}(s-s_0)^\lambda}{\sigma}=\begin{cases}0 & \text{si } \lambda\leqq 2p\\ \left(\frac{1}{2}\right)^p p! & \text{si } \lambda=2p+1\\ \left(\frac{1}{2}\right)^p (p+1)!(r-s+\sigma_0) & \text{si } \lambda=2p+2\end{cases}$$

et d'autre part qu'il résulte du développement (1) que pour $\psi=\varphi_1$ et $\psi=\varphi_2$ [fonctions qui s'annulent ainsi que leurs dérivées jusqu'à l'ordre $(n-1)$ pour $r=r_0$] les expressions de Z sont nulles pour $r=r_0$.

Si l'on remplace enfin dans Z [formule (1)] la fonction ψ respectivement par φ_1 et φ_2 développés en fonction des puissances de $(r+r_0)$, il apparaît alors immédiatement, compte tenu des relations (2), que Z_1 et Z_2 sont obtenus en prenant pour fonctions ψ respectivement

$$\psi=\psi_1(r)=\frac{1}{r_0+s_0}\,\frac{2^{n-1}}{n!}(r^2-r_0^2)^n,$$
$$\psi=\psi_2(r)=\frac{2^{n-1}}{(n-1)!}(2n-1)\int_{r_0}^{r}(r^2-r_0^2)^{n-1}\,dr.$$

3. Dans les applications il est utile de pouvoir calculer les coefficients A_p^q des développements (1). Ils sont tels que

$$A_1^p=1, \qquad A_{p+1}^p=A_p^p, \qquad A_{p+1+h}^p=0$$

et ils satisfont à la loi de récurrence

$$A_q^{p+1}=(p+q-1)A_{q-1}^p+A_q^p,$$

d'où l'on déduit

$$A_q^p=\frac{(p-q+2)(p-q+3)\ldots(p+q-1)}{(q-1)!}\left(\frac{1}{2}\right)^{q-1}.$$

4. Enfin l'application de la formule (1), donne pour $s=s_0$,

$$\left\{\left(\frac{1}{\sigma}\frac{\partial}{\partial\sigma}\right)^p\frac{(r+r_0)^\lambda}{\sigma}\right\}_{s=s_0}=(r+r_0)^{\lambda-2p-1}\,\frac{\lambda(\lambda-1)\ldots(\lambda-p+1)}{2^p}\,h(p,\lambda-p),$$

$h(p, q)$ étant le nombre $H(p+1, -p, q+1, 1)$ quand H désigne la série hypergéométrique de Gauss $H(\alpha, \beta, \gamma, x)$. Il nous a paru intéressant de noter que les relations (2) peuvent encore se traduire par les relations numériques

$$h(p, q) = 0 \quad \text{si} \quad 0 < q \leqq p,$$
$$h(p, p+1) = \frac{p!}{(p+2)(p+3)\ldots(2p+1)},$$
$$h(p, p+2) = \frac{1}{2}\,\frac{p!}{(p+3)(p+4)\ldots(2p+1)}.$$

ASTRONOMIE. — *Sur le groupement des périhélies planétaires.* Note (¹) de M. **Jean Mascart**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Soit r la distance au Soleil d'une petite planète dont l'orbite a pour éléments, avec les notations coutumières : a demi-grand axe, e excentricité, n moyen mouvement, w et u anomalies vraie et excentrique ; et les mêmes quantités e', n', w' et u' pour Jupiter ; θ l'élongation de la planète troublée par rapport à Jupiter, et l'origine du temps prise au moment où les deux astres passent ensemble à leurs périhélies respectifs ; θ_0 l'élongation (ou longitude) du périhélie de la petite planète.

Posons, dans le problème restreint (plan) :

$$\frac{n}{n-n'} = k + \varepsilon, \qquad r = \frac{a}{1+\rho}, \qquad R = 1 - \frac{r}{a} = \rho - \rho^2 + \rho^3 + \ldots,$$

R, en coordonnées polaires, représente la trajectoire de la planète autour de sa position moyenne, l'axe des x étant parallèle à la droite Jupiter-Soleil et l'on est ramené aux approximations successives d'une équation du second ordre.

On a, en première approximation,

$$R = p\cos k\theta + q\sin k\theta = e\,\frac{\cos w + e}{1 + e\cos w} = e\,\frac{\cos(\theta - \theta_0 + w') + e}{1 + e\cos(\theta - \theta_0 + w')},$$

et peut être développé en série selon les puissances croissantes de e avec des coefficients dépendant des lignes trigonométriques de w.

On a bien, toujours, $\theta = \theta_0 + w - w'$ mais, même si e' est petit, on ne peut admettre que w' soit égal à $n't$ pour une orbite circulaire de Jupiter, et

(¹) Séance du 10 septembre 1934.

il faut choisir pour origine un phérihélie *vrai* de Jupiter, faute de quoi, lorsque l'inversion deviendra nécessaire, tous les termes de $n't$ (sauf le premier) renfermeraient $\sin k\theta$ en facteur et s'annuleraient pour la valeur $k\theta = 2\pi$. Dans ces conditions, on n'a qu'à utiliser les formules classiques

$$u - e\sin u = nt, \qquad \cos w(1 - e\cos u) = \cos u - e,$$

pour obtenir les développements de u et w ou de u' et w', en séries ordonnées suivant les puissances de e ou de e'; d'où un développement de θ suivant les puissances des deux petites quantités e et e', les coefficients contenant les lignes trigonométriques de nt, $n't$, etc. C'est à ce moment qu'il faut faire l'inversion de cette dernière série pour obtenir au contraire la valeur de temps t, développée en fonction de θ suivant les puissances des e et e'; puis, portant cette valeur de t, soit dans w, soit dans w', on obtient le développement de R.

Application. — J'ai précédemment indiqué ([1]) que l'on pouvait obtenir des conséquences intéressantes en examinant l'état des perturbations pour deux élongations qui diffèrent de π et vais montrer comment ce procédé peut être généralisé en l'appliquant à l'importante lacune de l'anneau qui correspond à $k = 3/2$. Comme il existe dans les développements des termes très nombreux contenant les sinus des multiples de $k\theta$, on est conduit à s'en débarrasser par les deux valeurs $\theta = 0$ et $k\theta = 2\pi$ et à former la différence des perturbations correspondantes; pour cette région de $k = 3/2$, on parvient à la formule assez curieuse

$$\frac{1}{ee'}\left[\mathrm{R}(0) - \mathrm{R}\left(\frac{2\pi}{k}\right)\right] = -4k\sin\frac{\pi}{k}\sin k\theta_0\left\{\cos\left[(k-1)\theta_0 - \frac{\pi}{k}\right] + 2e\cos k\theta_0\cos\left[(k-1)\theta_0 + \frac{\pi}{k}\right]\right\};$$

et les tables numériques très étendues que j'ai calculées indiquent ici que le premier membre est négatif ([2]); il doit donc en être de même pour le second membre.

Borné à son premier terme, le second membre sera négatif si θ_0 est com-

---

([1]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 260.

([2]) Il faut faire ici une réserve pour le cas possible d'une planète qui aurait une *très faible* excentricité : dans ce cas, en effet, la position du périhélie est déterminée avec moins de précision et le calcul, plus délicat, exige certaines précautions, alors que, normalement, le calcul des perturbations est d'autant plus pénible que l'excentricité est plus forte.

pris dans un des deux arcs 60° à 120° et 240° à 360°, formant une zone possible totale de π.

Or j'ai calculé antérieurement les orbites rapportées à celle de Jupiter ([1]) ce qui permet d'avoir toutes les planètes voisinant cette relation de commensurabitité et l'on constate, tout d'abord, la grande dissymétrie dans le voisinage de cette lacune, dissymétrie que j'ai été le premier à signaler pour toutes les lacunes de l'anneau; de plus, on voit que sur les 15 planètes une seule, 329, s'écarte de la règle théorique. Il n'y a pas trop lieu d'en être surpris, d'abord parce que 329 a une *très faible* excentricité, 0,027, et aussi parce que son inclinaison dépasse 16° et la place assez mal dans le problème restreint : son cas fera donc l'objet d'une étude spéciale.

Planète.	n.	θ_0.	Planète.	n.	θ_0.	Planète.	n.	θ_0.
138.....	926″	299°	17.......	914″	249°	46.....	884″	342°
189.....	925	354	248.......	913	243 ([2])	292.....	882	316
11.....	924	306	335.......	913	276	355.....	877	74
198.....	920	341	329.......	911	204 ([2])	89.....	870	341
178.....	919	251	$k = 3/2$....	897	lacune	170.....	869	83

Il paraît y avoir là un intéressant sujet de recherches et il serait indispensable de compléter les vérifications en reprenant nos anciens calculs pour rapporter à l'orbite de Jupiter celles des nombreuses petites planètes aujourd'hui connues.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Polarisation des petites planètes.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Esclangon.

L'étude des grosses planètes, commencée en 1922 à l'aide d'un polarimètre à franges très sensible, a montré que leur lumière est partiellement polarisée. La proportion de lumière polarisée varie, en fonction de l'angle de phase, suivant une courbe particulière à chaque planète et caractéristique de la nature de son sol ou de son atmosphère. Il était très désirable d'effectuer le même travail sur quelques astéroïdes.

Le polarimètre visuel, adapté à l'étude des plages brillantes mesurant au

---

([1]) *Bull. Astr.*, 16, juin 1899, p. 228.

([2]) Ce nombre comporte une correction de 7° à cause des corrections apportées par les récents éléments du *Astronom. Rechen-Institut, Kleine Planeten*, Jahrgang 1934; Berlin, 1933.

moins 2″ de diamètre, ne permettait pas d'analyser directement la lumière de ces petits corps. Je l'ai utilisé indirectement, en passant par l'intermédiaire de la plaque photographique. La méthode employée est la suivante :

Le miroir ou l'objectif d'un grand instrument forme l'image de l'astre étudié sur une petite ouverture; derrière celle-ci un prisme biréfringent suivi d'une lentille à court foyer donne deux images contiguës de l'objectif ou du miroir sur une plaque photographique, selon le procédé indiqué par M. Fabry. Si la lumière de l'astre est polarisée parallèlement ou normalement au plan de section principale du biréfringent, l'une des images est plus intense que l'autre. L'opérateur effectue une série de poses juxtaposées en déplaçant, entre chacune d'elles, la plaque photographique dans son plan, normalement à la ligne qui joint les deux images. De plus, entre chaque pose et la suivante, il fait tourner de 90° le plan de polarisation de la lumière reçue par le biréfringent, au moyen d'une lame demi-onde qui précède le foyer de l'instrument. Il obtient ainsi une série de plages circulaires disposées en deux colonnes. Pour les poses impaires, par exemple, la plage de gauche est plus intense que celle de droite; l'inverse a lieu pour les poses paires.

La plaque photographique, une fois développée, est placée devant une source de brillance uniforme (lampe à verre opale). Une lentille précédée d'un rhomboëdre de spath projette l'image ordinaire d'une des plages et l'image extraordinaire de la plage correspondante, exactement superposées, sur un même diaphragme que ces images débordent légèrement. La lumière sortant du diaphragme est analysée avec le polarimètre à franges décrit précédemment (¹). Si les deux plages ont la même densité, cette lumière est naturelle; dans le cas contraire, elle est partiellement polarisée. La proportion de lumière polarisée ainsi reproduite est égale à celle de l'astre étudié multipliée par le facteur de contraste γ de la plaque photographique. La différence entre les moyennes des valeurs trouvées sur les poses paires et impaires, divisée par 2γ, donne la proportion de lumière polarisée cherchée.

La précision de ce procédé est beaucoup plus grande que celle que l'on obtient généralement en photométrie photographique :

(¹) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1015; *Annales de l'Observatoire de Meudon*, 8, 1, 1929, p. 12. Cette disposition est analogue à celle du photomètre de Wild et du microphotomètre différentiel réalisé indépendamment par Danjon, mais le polarimètre employé étant plus sensible, la précision obtenue est plus grande qu'avec ces deux appareils.

Les inégalités de sensibilité des différentes régions de la plaque affectent, en sens opposés, les poses paires et impaires et s'éliminent.

Les mesures sont faites au polarimètre sur chaque pose, avec une précision de 1 millième, elles introduisent dans le résultat général une erreur probable très inférieure à $1/1000\gamma$, que l'on peut négliger.

La cause principale d'erreur est l'irrégularité de distribution des grains de la plaque. Admettons, en première approximation, que celle-ci obéisse aux lois du hasard. Soient N le nombre des poses, $\Delta\pi$ l'erreur moyenne dont elle affecte chaque mesure. L'erreur probable sur la proportion cherchée serait

$$\Delta p = \frac{\Delta\pi}{\gamma\sqrt{N}}.$$

L'égalité des opacités des deux plages contiguës est définie, en général, à 1 pour 100 près environ, ce qui correspond à une erreur $\Delta\pi$ de 5 millièmes. Admettons d'autre part, par exemple, $N = 16$ et $\gamma = 1,5$. La formule donne $\Delta p = 0,00083$. 16 poses suffiraient donc pour obtenir une précision supérieure au millième.

J'ai expérimenté cette méthode en laboratoire, au mois de janvier 1924 et sur le ciel, en mars 1926. Les mesures faites en laboratoire ont donné une précision supérieure à celle que la formule indiquait. Sur le ciel, des séries de 8 à 12 poses obtenues avec une lunette de 175^{mm} d'ouverture sur les étoiles α, γ et δ Leonis, α Virginis et α Hydræ ont donné des proportions de lumière polarisée généralement inférieures à 1 millième et toujours inférieures à l'erreur probable.

Ces résultats m'ont amené à entreprendre l'étude des astéroïdes avec le télescope de 1^{m} d'ouverture de l'Observatoire de Meudon. J'ai obtenu, à des dates échelonnées entre le 24 mars et le 25 mai 1934, 12 clichés de Vesta comportant chacun 32 à 56 poses. Les temps de poses variaient de 1 minute vers l'opposition à 3 minutes vers la quadrature. Lorsqu'il y avait clair de Lune, l'opérateur réduisait la surface du trou sur lequel se formait l'image de l'astéroïde et il prenait quelques poses supplémentaires avec un diaphragme plus grand. On pouvait ainsi déterminer l'erreur due à la lumière du ciel et effectuer la correction. Sept clichés, obtenus dans de bonnes conditions, ont fourni la proportion de lumière polarisée avec des erreurs probables de 0,7 à 1,3 millième. 4 d'entre eux donnaient, en outre, le plan de polarisation.

L'angle de phase de Vesta a varié entre 6°,6 et 25°,6. Le plan de polarisation s'est toujours montré perpendiculaire au plan passant par le Soleil, comme pour la Lune. La proportion de lumière polarisée est passée par un

maximum de 9 millièmes pour un angle de 14° environ et paraît devoir s'inverser pour un angle de 27°. La polarisation est plus faible que celle de la Lune (dont le maximum est 12°) et l'angle d'inversion est plus grand (23° pour la Lune). Les points représentant la proportion de lumière polarisée en fonction de l'angle de phase s'alignent d'une manière satisfaisante sur une courbe intermédiaire entre celle de la Lune et celle que donne un morceau de craie.

Ces mesures seront poursuivies sur d'autres astéroïdes et fourniront sans doute des données précises sur la nature de la surface de ces petits astres.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *La rotation différentielle des courants de la Grande Ourse, du Taureau et du Scorpion-Centaure.* Note de M[lles] **Renée Canavaggia** et **Marie-Louise Fribourg**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Il est connu qu'en première approximation, les vitesses spatiales des étoiles d'un courant sont parallèles et que ces astres paraissent constituer un groupe permanent dans le temps. La découverte récente de la rotation différentielle de la Voie lactée pose, vis-à-vis de ces courants, un important problème : *Si les étoiles appartenant à un courant présentent l'effet de rotation différentielle, et si leur mouvement est circulaire comme on le suppose dans la théorie classique, le courant doit se désagréger en moius d'une rotation de la Voie lactée, c'est-à-dire en* 100 *millions d'années environ; les courants d'étoiles seraient ainsi des formations éphémères.* Il est important de voir si les étoiles d'un courant manifestent la rotation différentielle des autres étoiles.

2. Nous avons étudié, dans ce but, les courants de la Grande Ourse et du Taureau, et appliqué à ces astres la méthode de M. Henri Mineur [1], la seule applicable dans le cas présent. Celle-ci consiste à représenter les deux premières composantes (X, Y) de la vitesse des étoiles situées au point (x, y) du plan galactique par des formules linéaires telles que

$$X = a_0 + a_1 x + a_2 y,$$
$$Y = b_0 + b_1 x + b_2 y,$$

d'où l'on peut déduire les constantes classiques l_0, A, B.

([1]) *Bulletin astronomique*, **7**, IX, 1932, p. 383, et **8**, V, 1933, p. 227; voir également *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1194.

Voici les résultats auxquels nous sommes parvenus :

Nombre d'étoiles.	a_0.	a_1.	a_2.	b_0.	b_1.	b_2.	l_0.	A.	B.
				Courant de la Grande Ourse.					
76....	+13,3	−0,015	−0,061	− 6,7	+0,003	+0,036	342°	−0,036	+0,100
	±0,5	±0,009	±0,016	± 0,4	±0,008	±0,015			
				Courant du Taureau.					
200....	−40,5	+0,007	−0,017	+ 5,5	+0,009	−0,020	305	+0,012	+0,013
	± 0,4	±0,005	±0,010	± 0,3	±0,004	±0,007			
				Courant du Scorpion-Centaure.					
108....	− 3,5	+0,050	+0,160	−11,1	−0,049	+0,031	355	+0,056	−0,105
	± 1,4	±0,009	±0,009	± 1,7	±0,011	±0,011			
				Étoiles ordinaires.					
—......	−16,4	+0,014	+0,023	− 7,0	−0,007	−0,014	330	+0,016	−0,015

Par suite de la faible extension des courants dans l'espace (150 parsecs), les erreurs moyennes des coefficients sont assez élevées; on constate cependant que les trois amas étudiés présentent une rotation différentielle avec des constantes très différentes des constantes classiques.

3. La rotation différentielle est due à l'attraction de l'ensemble de la Voie lactée sur chaque étoile, un groupe stellaire ne peut y échapper que si l'attraction mutuelle de ses membres provoque une rotation du groupe sur lui-même, ce qui ne peut être le cas des courants étudiés ici, car ils comprennent trop peu d'étoiles. L'explication la plus plausible nous paraît être la suivante :

Les courants étudiés ici ont, dans la Voie lactée, une trajectoire allongée et non circulaire comme l'ensemble des étoiles que l'on a étudié jusqu'à présent; une théorie complète de la rotation galactique devra expliquer les variations des constantes de la rotation différentielle pour les diverses trajectoires possibles, si nos résultats sont confirmés.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Axiomatique de la théorie des photons de M. Louis de Broglie et superquantification.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. M. L. de Broglie a établi (¹) l'équation d'ondes du photon qui constitue l'achèvement d'un premier stade de sa théorie de l'électromagnétisme. Nous voulons tenter ici d'en fixer l'axiomatique.

Le fait intéressant est que cette théorie rentre exactement dans le cadre logique de la Mécanique ondulatoire générale que nous avions précédemment définie (²); il suffit alors de prendre pour base ses concepts et postulats en y ajoutant les précisions qu'on doit donner pour chaque Mécanique particulière, c'est-à-dire : 1° l'espace configuratif, ce sera l'espace euclidien à trois dimensions (R_3), les coordonnées d'un point caractérisant la position d'un photon; 2° l'opérateur hamiltonien **H**, c'est celui défini par l'équation des photons de Louis de Broglie; 3° l'espace des fonctions d'ondes, ce sera, en vertu des 16 composantes de la fonction d'ondes, l'espace (ψ_{16}), c'est-à-dire celui applicable sur l'espace de Hilbert dont les éléments sont constitués par l'ensemble de 16 fonctions de carré sommable, ce qui traduit le fait que le photon est constitué par deux particules. A l'espace (ψ_{16}) nous donnons le nom d'*espace-produit indiciel* des deux espaces (ψ_4) associés à chaque demi-photon. D'une façon générale, à un système ou à une particule complexe, formé à partir de n particules a_1, a_2, ..., a_n, auxquelles sont respectivement associés des espaces (ψ_α), (ψ_β), ..., (ψ_λ), on doit associer un espace de fonctions d'ondes ($\psi_{\alpha,\beta,\ldots,\lambda}$), qui est le produit indiciel des différents espaces composants; 4° les opérateurs mécaniques ayant un sens physique, ce seront ceux définis par M. Louis de Broglie associés aux potentiels et champs électromagnétiques.

Ceci nous conduit à l'énoncé suivant des concepts et postulats :

1° Concept *photon* (*ou demi-photon*).

2° Postulat 1 : *A chaque photon est attaché un point* M *de l'espace euclidien* (R_3) *lié à l'observateur.*

3° Concept *grandeur mécanique* (*ou électromagnétique*) *attachée à un photon.*

4° Postulat 2 : *A toute grandeur mécanique ou électromagnétique correspond un opérateur linéaire.*

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 135, et **199**, 1934, p. 445.

(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 552; *Actualités scient.*, **140**, 1934.

5° Définitions des valeurs propres, fonctions propres et différentielles propres.

6° Postulat 3 : *Premier principe de Quantification : Les fonctions propres dans le cas d'un spectre discontinu et les différentielles propres dans le cas d'un spectre continu doivent être uniformes et appartenir à l'espace* (ψ_{16}) *défini ci-dessus.*

7° Postulat 4 : *Les opérateurs mécaniques ou électromagnétiques doués d'un sens physique doivent être des opérateurs de l'espace* (ψ_{16}) *et posséder un spectre tel que les fonctions propres du spectre discontinu et les différentielles propres du spectre continu forment un système de base complet pour les fonctions de l'espace* (ψ_{16}) *des variables intéressant l'opérateur considéré.*

8° Postulat 5 : *Second principe de Quantification ou principe des valeurs propres.*

9° Postulat 6 : *Principe d'évolution : L'état d'un photon est, à chaque instant t, représenté par une fonction de point de* (R_3) *et du temps,* Φ, *qui doit appartenir à l'espace* (ψ_{16}) *et être solution de l'équation d'ondes du photon de Louis de Broglie.*

10° Postulat 7 : *Principe de décomposition spectrale.*

11° Définitions des opérateurs utilisés : $\mathbf{Q}_i$, $\mathbf{P}_i$, $\mathbf{A}_i$, et de ceux qui en dérivent.

On peut donner une forme plus relativiste à ces postulats en considérant l'espace-temps au lieu de (R_3) et l'opérateur $\mathbf{L}$ au lieu de l'hamiltonien $\mathbf{H}$.

Le caractère essentiel de la théorie est marqué par l'espace (ψ_{16}).

2. Considérons maintenant une assemblée de photons. Puisque la nouvelle théorie du photon rentre dans le cadre de la Mécanique ondulatoire générale, on peut lui en appliquer les conséquences et effectuer le passage à la superquantification. Considérons en particulier, comme fonctions de base dans l'espace (ψ_{16}), les fonctions propres de l'opérateur d'énergie : ce seront des éléments de (ψ_{16}) dont chaque composante correspondra aux divers spins. Posons, suivant nos notations habituelles,

$$K_{rl} = (\varphi_r . \mathbf{L} \varphi_l),$$

si y_r est la $r^{\text{ième}}$ composante de Φ, on a

$$\frac{h}{2\pi i} \frac{dy_r}{dt} = \Sigma_l K_{rl} y_l.$$

Ces équations définissent le mouvement du point Φ dans l'espace (ψ_{16}). En passant de là à la Mécanique ondulatoire dans (ψ_{16}) on obtient la

superquantification pour les photons de Louis de Broglie. *Si l'on passe alors de l'espace* (ψ_{16}) *à l'espace* (n), *on retombe sur la même équation formelle que celle adoptée par Dirac* [1] *pour la théorie du rayonnement.* Mais l'opérateur **L** de de Broglie étant différent de celui de Dirac, les résultats numériques différeront : la théorie de Dirac apparaît comme une première approximation. Ainsi, en utilisant les théorèmes de la Mécanique ondulatoire générale sur la superquantification, la théorie du rayonnement de Dirac se trouve rattachée à la théorie des photons de Louis de Broglie. Cette dernière englobe tous les résultats de la première.

Conclusion. — Dans cette Note nous avons voulu d'abord montrer que l'axiomatique de la nouvelle théorie des photons de M. Louis de Broglie rentrait dans le cadre de la Mécanique ondulatoire générale que nous avons construite, ce qui confère à celle-ci un intérêt nouveau. Puis, en utilisant le passage à la superquantification, nous avons établi que la théorie du rayonnement de Dirac apparaissait comme une première approximation de la nouvelle théorie des photons.

MAGNÉTISME. — *Sur une méthode de mesure absolue des coefficients d'aimantation et des susceptibilités magnétiques des liquides.* Note de MM. **Gaston Dupouy** et **Charles Haenny**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons mis au point un dispositif de mesure des coefficients d'aimantation et des susceptibilités magnétiques des liquides. La méthode que nous utilisons dérive de celle du cylindre de Gouy, mais elle présente sur celle-ci, dans le cas des liquides, certains avantages.

Si une substance ayant la forme d'une baguette cylindrique est placée dans un champ magnétique de telle sorte que l'une de ses bases soit dans une région de champ uniforme $\mathcal{H}$ et que l'autre extrémité se trouve dans un champ h, elle est soumise à une force dirigée suivant l'axe du cylindre et donnée par l'expression :

$$f = \frac{1}{2}(\chi_s - \chi_l)(\mathcal{H}^2 - h^2)S,$$

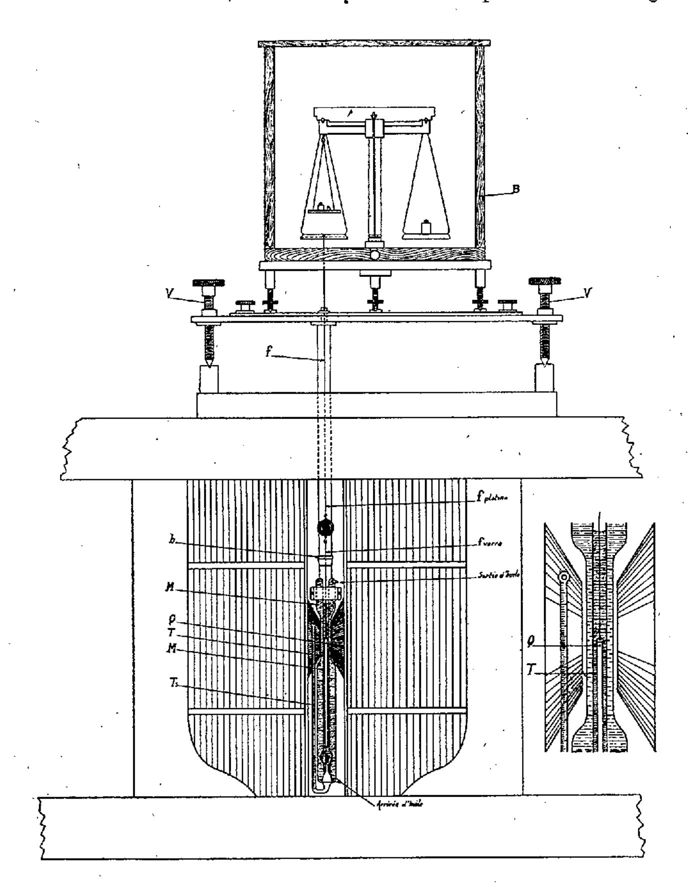
où S désigne la section droite de la baguette et χ_l, χ_s les susceptibilités absolues (prises par rapport au vide) du milieu ambiant et de la baguette.

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, **114**, 1927, p. 243.

Si l'on voulait mesurer par ce procédé la susceptibilité d'un liquide en plaçant celui-ci dans un tube de verre, la section de ce tube devrait être constante et bien connue dans la région où le champ varie rapidement. Or cette condition est très difficile à réaliser. C'est pourquoi nous avons utilisé le dispositif suivant. Une baguette de quartz plonge dans le liquide dont on veut connaître les propriétés magnétiques. On mesure la susceptibilité apparente du quartz par rapport au liquide; on a déterminé au préalable la susceptibilité de la baguette, on calcule celle du liquide.

Nous avons réalisé un solide, très bien défini au point de vue géométrique, en



prenant non pas un cylindre, mais une baguette très homogène, taillée dans un bloc de quartz naturel, sous la forme d'un parallélépipède droit allongé de 180^{mm} de longueur et dont la section droite est à peu près un carré de 5^{mm} de côté; les faces planes parallèles à l'axe de la baguette sont travaillées optiquement. La longueur de chaque côté

de la section droite est certainement connue dans les différentes régions de la baguette avec la précision du micron (mesures faites au Pavillon de Breteuil).

La figure représente notre montage. Le champ magnétique est fourni par la maquette du grand électroaimant de l'Académie des Sciences; cet instrument donne, avec des pièces polaires en ferro-cobalt de 61^{mm} de diamètre distantes de 20^{mm}, un champ de 30678 gauss, très uniforme au voisinage du centre. Sur les poutres de fer formant la partie supérieure de la culasse repose une balance B à l'un des plateaux de laquelle on suspend au moyen d'un fil de platine *f* la baguette de quartz Q. Un plateau à vis calantes V sert à effectuer le réglage précis de la position de la baguette dans l'entrefer. Pour tenir la baguette nous avons fait forer vers l'un des bouts, deux petits trous dans lesquels s'engagent les pointes d'un petit étrier fait en un métal élastique inattaquable aux acides. Le tube de verre T contenant le liquide a 10^{mm} de diamètre intérieur; il est fermé à la partie inférieure par un bouchon rodé pratiqué sur la tige d'un thermomètre à mercure T_1 (convenablement coudé pour faciliter les lectures).

Afin de pouvoir étudier la variation des propriétés magnétiques des liquides avec la température, nous avons disposé à l'extérieur du tube T un manchon cylindrique M portant deux aplatissements dans la région où ce manchon doit pénétrer dans l'entrefer. Nous faisons alors circuler autour du tube T un courant d'huile qui provient d'un thermostat auquel l'appareil est relié par une canalisation métallique bien calorifugée. Nous pouvons maintenir la température constante dans le liquide étudié à mieux que $1/10^e$ de degré et l'emploi de deux thermomètres nous permet de constater l'homogénéité de température de la colonne liquide de bas en haut.

Cette méthode qui ne nécessite que des manipulations très simples, puisque pratiquement tout se réduit à des pesées, se prête fort bien à des mesures absolues de précision. Pour des solutions dont le coefficient d'aimantation est de l'ordre de 10^{-5} la force à mesurer dépasse 1^g : on peut donc apprécier des coefficients d'aimantation de l'ordre de 10^{-9}. Un autre avantage de cette méthode réside dans le fait que la mesure de la poussée subie par la baguette en l'absence de champ magnétique fournit immédiatement, à chaque température, la densité du liquide étudié, ce qui permet de connaître simultanément la susceptibilité et le coefficient d'aimantation. La dilatation du liquide qui, dans la méthode habituelle du cylindre, aurait pour effet de modifier le niveau du liquide dans le tube de verre, ne joue plus aucun rôle perturbateur : l'étude des variations thermiques des propriétés magnétiques est très commode. La quantité de liquide nécessaire dans nos mesures est de 20^{cm^3}. Enfin il sera possible d'adapter cette méthode à l'étude des gaz liquéfiés et des gaz eux-mêmes.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur l'extinction magnétique de la fluorescence des molécules diatomiques de sélénium.* Note [1] de M. **Jean Genard**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons exposé [2] nos récents résultats relatifs à l'action du champ magnétique sur les fluorescences des molécules I_2, S_2 et Te_2.

Reprenant la même disposition instrumentale, nous sommes parvenus à mettre en évidence, à l'aide du gros électroaimant de Bellevue, une action très nette du champ sur la fluorescence des molécules de sélénium.

Cette fluorescence est fortement émise par les raies λ 4047 et λ 4359 du Hg. Elle est constituée de beaux doublets de rotation accompagnés d'assez nombreuses raies supplémentaires qui révèlent une excitation relativement complexe.

Nos clichés de mesures photométriques de l'action du champ magnétique n'étant pas encore dépouillés, nous donnerons seulement ici quelques résultats observés visuellement sur les plaques. Les résultats numériques précis seront publiés prochainement.

1° La fluorescence de Se_2, excitée par les raies λ 4047 et λ 4359 du Hg paraît diminuée, en moyenne, d'environ 40 à 50 pour 100 par un champ de 43000 gauss.

2° La série excitée par λ 4359 est plus fortement affaiblie que celle émise par λ 4047.

3° Les divers termes d'une même série paraissent différemment éteints.

4° Dans un même multiplet, l'extinction des diverses composantes est variable, quelques raies sont toutefois fortement renforcées par la présence du champ.

5° En général, la composante de plus petite fréquence des doublets de rotation est beaucoup plus affaiblie que la composante de grande fréquence.

Dès maintenant, on peut affirmer que, dans le cas du sélénium, l'action du champ magnétique est notablement plus complexe que dans le cas de l'iode; tout porte à croire d'ailleurs que les niveaux normaux de la molécule sont perturbés par le champ.

---

(1) Séance du 15 octobre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1104 et 1402; **198**, 1934, p. 816; *Physica*, **1**, IX, 1934, p. 849.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Analyse du rayonnement cosmique en haute altitude.* Note (¹) de MM. **Pierre Auger** et **Louis Leprince-Ringuet**, présentée par M. Jean Perrin.

1. On sait que le rayonnement cosmique, mesuré par l'ionisation qu'il détermine dans un certain volume de gaz, augmente dans la proportion de 1 à 3 lorsqu'on s'élève jusqu'à 3500^{m} d'altitude. Nons avons voulu analyser cette augmentation d'intensité, en séparant le rayonnement cosmique en différentes composantes mesurables isolément. Les mesures ont été faites au Laboratoire international du Jungfraujoch, partie sur la terrasse du laboratoire, partie dans une chambre creusée dans le glacier, et située à 4^{m} de la surface : cette épaisseur de glace est équivalente, en masse, à l'épaisseur d'air comprise entre l'altitude de 3500^{m} et le niveau de la mer.

2. Si l'on fait fonctionner en coïncidence trois compteurs de Geiger-Muller disposés verticalement, on mesure le nombre de particules cosmiques (particules ionisantes, c'est-à-dire électrons des deux signes, protons, etc.), qui arrivent, par minute, dans cette direction. Si l'épaisseur des compteurs est faible, on peut admettre que presque toutes les particules sont comptées. En disposant ensuite entre les compteurs des écrans de plomb d'épaisseurs croissantes, les nombres mesurés décroissent d'abord vite (jusqu'à 4^{cm} de Pb), puis lentement (²). On voit donc que l'on peut séparer les rayons corpusculaires cosmiques en deux groupes, le groupe mou qui est complètement arrêté par 10^{cm} de plomb, et par conséquent, ne présente pas des énergies cinétiques supérieures à quelques centaines de millions d'électrons-volts, et le groupe dur qui traverse plusieurs dizaines de centimètres de plomb et dont l'énergie est très supérieure à 10^{9} eV. Ce partage peut être fait simplement en mesurant les nombres de coïncidences, avec les mêmes compteurs, avec des écrans de plomb interposés (20^{cm}, par exemple), et sans écrans : c'est ainsi que nous avions opéré l'an dernier au cours d'un voyage d'études (³), en des lieux de latitude différente, au niveau de la mer. Le résultat a été sensiblement constant, montrant la présence de 70 pour 100 de corpuscules durs.

Une autre analyse résulte de la mesure des gerbes, c'est-à-dire des

(¹) Séance du 15 octobre 1934.

(²) Rossi et collaborateurs, *La Ric. Scientif.*, 1, vi, 1934, p. 559.

(³) P. Auger et L. Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1242.

corpuscules associés, arrivant simultanément suivant des trajectoires voisines. On peut faire cette mesure en utilisant des compteurs disposés non pas dans un plan vertical, mais en « berceau », et en plaçant au-dessus, suivant le dispositif adopté par Rossi et d'autres, une plaque de plomb d'épaisseur convenable pour avoir l'effet maximum, soit environ 2^{cm}. Le nombre de coïncidences triples obtenu est considéré comme une mesure du nombre de gerbes, mesure sans valeur absolue naturellement, mais qui peut être comparée aux résultats avec compteurs verticaux.

3. Les appareils qui nous ont servi sont essentiellement les mêmes que l'an dernier ([1]), nous avons seulement remplacé les thyratrons par des relais compteurs à mouvement d'horlogerie enregistrant les coïncidences à la sortie du sélecteur. Le dispositif vertical à trois compteurs permettait l'interposition de 20^{cm} de plomb.

Le dispositif à gerbes était établi suivant le plan de celui de Gilbert ([2]), c'est-à-dire de telle sorte qu'il faille trois trajectoires corpusculaires venant du plomb pour donner une coïncidence triple. L'ensemble des appareils et piles de tension était enfermé dans des boîtes thermostatiques.

Les mesures ont été faites à l'air libre (avec seulement une bâche de protection contre la neige) et d'autre part sous 4^{m} de glace. Les résultats de ces deux séries de mesures sont résumés dans le tableau ci-dessous où les chiffres indiquent le nombre de coïncidences par minute. Le nombre total d'impulsions correspondant à chaque expérience est, suivant les cas, de 600 à 1000.

	A l'air libre.	Sous 4^{m} de glace.
Compteurs verticaux, sans plomb	1,9	1,1
» » avec 20^{cm} de plomb	1,0	0,76
» en berceau, sans plomb	0,7	0,55
» » avec 2^{cm} de plomb	1,65	0,55

Pour établir des résultats comparables entre les deux séries, il a fallu faire subir une correction à celles des mesures faites sur la terrasse, parce que le très grand nombre d'impulsions propres de chaque compteur (200 par minute) diminuait l'efficacité du dispositif à coïncidences. Cette correction a été faite très simplement en égalisant à l'aide d'une petite source radioactive les nombres d'impulsions propres des compteurs dans toutes les expériences.

([1]) P. Auger et L. Leprince-Ringuet, *Journal de Physique*, 5, 1934, p. 193.

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, **144**, 1934, p. 559.

4. On voit d'après ces nombres que la proportion de rayons durs corpusculaires qui est de 70 pour 100 au niveau de la mer tombe à 52 pour 100 à 3500^m d'altitude, et revient à 70 pour 100 sous l'écran de glace comme il était à prévoir. Autrement dit, comme l'ensemble des rayons corpusculaires passe de 1,9 à 1,1 en traversant 4^m de glace, cette diminution se fait presque uniquement sentir sur les rayons mous, qui tombent de 0,9 à 0,24. Les rayons corpusculaires durs ne baissent que de 1,1 à 0,76. Si l'on examine ce qui se passe pour les gerbes (en ne considérant que les nombres obtenus avec 2^{cm} de plomb superposé) on voit que la variation suit celle des rayons mous et pas du tout celle des rayons durs ([1]). On peut supposer que les gerbes constituent la plus grande partie de ces rayons mous. Dans ces conditions il devient évidemment difficile d'attribuer les gerbes à un effet secondaire (ou tertiaire) *local* des rayons corpusculaires durs. Il est nécessaire d'invoquer la présence d'un autre rayonnement producteur de gerbes, peut-être du type γ, et qui serait très absorbable dans l'atmosphère.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les mélanges humides de chlorates et de soufre et sur quelques autres réactions des chlorates humides.* Note de M. **Jean Amiel**.

Cas du soufre. — M. Taradoire ([2]) prétend que l'inflammation spontanée des mélanges humides de soufre avec les chlorates de baryum ou de plomb est contraire aux résultats que j'avais publiés ([3]). Or ce phénomène est le point de départ même de mes travaux. J'aurais dû écrire, à propos des substances organiques, « inflammation immédiate » au lieu d' « inflammation ». De telles imprécisions sont peut-être regrettables, j'en conviens, mais elles n'ont jamais constitué des négations.

L'inflammation avec explosion du soufre par ClO^2 se trouve mentionnée, sinon dans la première publication de Davy, du moins, dès 1818, dans le Mémoire de Frédéric Stadion ([4]) et depuis lors dans presque tous les traités classiques. Mais on sait bien aussi que cette inflammation est beaucoup

---

([1]) Ce serait également le cas des *bursts* ou grosses ionisations soudaines observées dans les appareils électrométriques, d'après des mesures récentes de A. H. Compton.

([2]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 603.

([3]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1033; *Bull. Soc. chimique de France*, 5e série, **1**, 1934, p. 465.

([4]) Frédéric Stadion, *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, **8**, 1818, p. 406.

plus facile en présence de matières organiques, comme le papier, le liège, les gommes, le sucre, etc. Si l'on prend de petites quantités du mélange l'inflammation ne sera possible que dans ce dernier cas; si la masse est plus grande, l'inflammation sera immédiate au lieu de nécessiter quelques minutes ou quelques heures. (M. Taradoire n'a précisé ni la masse utilisée, ni les échanges avec l'extérieur.)

Si la production de ClO^2 n'est pas absolument nécessaire pour expliquer le mécanisme même de l'inflammation, elle est bien suffisante. D'ailleurs Oeschli [1] et Lehner [2] ont montré que l'action de SO^4H^2 sur ClO^3H fournissait du bioxyde de chlore; M. Taradoire n'a nullement prouvé qu'il y avait inflammation avant que la réaction précédente ait pu commencer. Il était aussi intéressant d'insister davantage sur la formation de chlorure de soufre dont l'odeur est si caractéristique.

Autres réactions des chlorates en présence d'eau. — Ils réagissent, comme je l'ai montré, très vivement sur le sélénium et très peu sur le tellure [3]. Avec le phosphore blanc il y a explosion, avec le phosphore rouge inflammation au bout de quelques instants; l'arsenic pulvérisé réagit encore avec incandescence. On n'observe pratiquement rien avec l'antimoine, le bismuth, le charbon de bois, le graphite, l'étain; les métaux usuels pulvérisés ne sont presque pas altérés.

Les sulfures et les séléniures sont en général plus difficiles à oxyder et à chlorurer que le soufre et le sélénium [3]. Mais il y a des exceptions. Le précipité fourni par SH^2 dans une solution d'un sel cuivrique, lavé puis séché quelques heures vers 70°, donne avec les solutions concentrées d'acide chlorique ou d'un chlorate d'un métal de la série magnésienne une vive explosion; on observe l'incandescence avec S^3Sb^2, S^3As^2, SSn, S^2Sn, préparés par voie humide; la stibine, l'orpiment, le réalgar réagissent moins vite.

Réactions en présence de matières organiques. — Comme l'écrit M. Taradoire, on peut se placer dans diverses conditions pour étudier l'action réductrice du soufre sur les chlorates. On peut, par exemple, opérer, comme je l'ai indiqué, au sein de liquides organiques; le sélénium est alors d'un emploi plus commode, mais donne les mêmes résultats que le soufre : oxydation et chloruration, l'une ou l'autre pouvant prédominer. C'est

---

(1) *Zeitschrift f. Elektrochemie*, 9, 1903, p. 807.

(2) Lenher, Stone et Skinner, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 143.

(3) J. Amiel, *Bulletin de la Société chimique de France*, 5e série, 1, 1934, p. 465.

ainsi qu'avec des alcools de la série grasse on obtient surtout des aldéhydes, au sein de l'alcool benzylique de l'aldéhyde benzoïque, puis avec un excellent rendement de l'acide benzoïque [1]. Avec le toluène au contraire il se forme surtout du chlorure de benzyle.

MÉTALLURGIE. — *Quelques conditions à réaliser dans les essais de corrosion des aciers en milieu humide.* Note de MM. **Albert Portevin** et **E. Herzog**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Pour qualifier l'attitude des métaux vis-à-vis de la corrosion par les agents naturels, la faveur va actuellement aux essais au brouillard, salin ou acide, et aux essais par immersions et émersions alternées que l'on considère comme représentant respectivement la corrosion atmosphérique et la corrosion aqueuse.

L'emploi de ces modes d'essais, dans les conditions usuellement adoptées, en vue de nous rendre compte de l'effet de faibles additions de divers éléments (Al, Cu, Cr, Mo, Ni, Si, Ti, W, etc.), sur la corrosion des aciers doux ordinaires, nous a fait apparaître une dispersion trop élevée des résultats (atteignant et dépassant parfois 30 pour 100 dans les essais au brouillard salin) et une comparabilité insuffisante dans le temps.

Nous avons donc procédé à une étude méthodique des divers facteurs en vue de réduire l'influence des causes d'erreurs.

La corrosion a été caractérisée par perte de poids (après dérouillage électrolytique dans les solutions de soude à 15 pour 100, puis d'acide citrique à 10 pour 100) de tôles de $1^{mm},5$ d'épaisseur, préalablement polies au papier émeri de finesse constante, en divers aciers extra-doux ordinaires ou à faibles teneurs en éléments spéciaux; essai complété par examen du type de corrosion et par essais d'emboutissage.

Les milieux d'attaque étaient la solution de sel marin à 3 pour 100, l'eau de mer de diverses provenances et les solutions d'acide sulfurique à diverses concentrations et convenablement renouvelées.

D'après les résultats, les facteurs sur l'influence desquels il nous a paru particulièrement opportun d'attirer l'attention sont les suivants :

A. *Pour les essais de corrosion par immersions et émersions alternées* (dans l'eau de mer) :

(1) *Bulletin de la Société chimique de France*, 5e série, 1, 1934, p. 466.

1° *La température.* — L'attaque augmente très rapidement de 20° à 40° jusqu'à 200 pour 100 de la valeur à 20°, puis plus lentement ensuite jusque vers 60°;

2° *L'humidité.* — La perte de poids croît avec l'humidité de l'air, la différence étant de 30 pour 100 entre 40 et 70 pour 100 d'humidité, elle n'est plus que de 10 pour 100 entre 70 et 90 pour 100 d'humidité.

Enfin, il convient de préciser le rythme des alternances qui influe surtout sur les résultats tant que l'échantillon ne sèche pas complètement lors de l'émersion : par exemple, on peut noter une perte de poids de 30 pour 100 plus forte en passant des émersions très courtes (2 secondes) aux émersions longues (15 minutes).

Il est à noter que l'emploi de la solution de chlorure de sodium à 3 pour 100 au lieu d'eau de mer donne des résultats qui diffèrent, non seulement au point de vue de la perte de poids par corrosion (plus forte de 50 à 60 pour 100 pour l'acier extra-doux ordinaire), mais aussi quant au mode de corrosion (tendance à la formation de cavités et sillons) et à la nature des produits de corrosion (noir avec formule se rapprochant de la magnétite Fe^3O^4, au lieu de la couleur rouille avec prédominance de Fe^2O^3 et présence de Ca, Si, Mg, Al dans le cas d'eau de mer).

B. *Pour les essais au brouillard*, il faut attacher en outre une grande importance à la densité et à la finesse du brouillard qui doivent être uniformes pour toutes les éprouvettes soumises à l'essai, d'où nécessité du brassage de ce brouillard et de sa filtration à travers un écran en toile métallique, et contrôlées, soit par observation directe, soit par le temps requis pour la précipitation des gouttelettes après arrêt des pulvérisateurs, arrêt qui a d'ailleurs un grand intérêt a être produit périodiquement.

En conséquence, on a établi des dispositifs tendant à réaliser la constance des divers facteurs et qui nous ont permis d'obtenir des résultats dont la dispersion ne dépasse pas 10 pour 100 de la valeur moyenne.

Mais en outre, pour assurer la comparabilité dans le temps des résultats, il faut avoir recours à des *éprouvettes étalons* ou *échantillons de tarage* établis après étude de l'influence, sur la corrosion, de la ségrégation dans le lingot d'acier et qui jouent le rôle des échantillons types en analyse chimique ou des barreaux de tarage pour les essais mécaniques.

Dans ces conditions, on peut aborder l'étude de l'influence de petites quantités d'additions sur la corrosion des aciers ordinaires en vue de réaliser économiquement une meilleure tenue à certaines corrosions. En particulier nous avons précisé les conditions dans lesquelles on peut obtenir une

influence favorable par addition de cuivre dans la corrosion acide et de chrome pour la corrosion saline.

Par exemple : une addition de 0,4 pour 100 Cu à un acier Martin extra-doux non calmé réduit au dixième de sa valeur la perte de poids par essais alternés dans la solution d'acide sulfurique à 30 pour 100 et 18°; une addition de 3 pour 100 Cr, à un acier extra-doux Martin affiné, diminue plus de moitié la perte de poids par l'eau de mer en brouillard et en essais alternés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du chlorure de vératryle et sur la formation du noyau dihydro-9.10-anthracénique.* Note de MM. **Pierre Carré** et **David Libermann**, transmise par M. G. Urbain.

Le chlorure de vératryle $C^6H^3(OCH^3)^2_{3.4}(CH^2Cl)_1$ a été préparé par Decker et Pschorr (¹), puis par Tiffeneau (²), en traitant l'alcool vératrylique dissous dans un solvant anhydre, par le gaz chlorhydrique sec.

Lorsqu'on essaye de préparer ce chlorure par l'action du chlorure de thionyle sur l'alcool vératrylique on obtient un très mauvais rendement, alors que le chlorure de benzyle est formé quantitativement quand on traite l'alcool benzylique par le chlorure de thionyle. Nous avons réussi à transformer l'alcool vératrylique en chlorure de vératryle avec un assez bon rendement, 60 à 70 pour 100 de la théorie, par l'intermédiaire du chlorosulfite correspondant préparé selon la méthode indiquée par nous (³).

Un mélange équimoléculaire d'alcool vératrylique et de pyridine, dilué dans l'éther anhydre, est additionné d'une molécule de chlorosulfite d'éthyle. Il se forme ainsi un sulfite mixte d'éthyle et de vératryle, on filtre le chlorydrate de pyridine, à la solution éthérée du sulfite mixte on ajoute $1^{mol},1$ de chlorure de thionyle, on laisse 48 heures en contact; il se forme un mélange de chlorosulfite de vératryle et de chlorosulfite d'éthyle, on évapore l'éther et l'on distille dans le vide, il distille d'abord du chlorosulfite d'éthyle, puis le chlorosulfite de vératyle se décompose en gaz sulfureux et chlorure de vératryle qui est rectifié; le produit obtenu, recueilli entre 152 et 156° sous 10^{mm}, cristallise par refroidissement et fond à 48-49°.

D'autre part, Slotta et Lauersen (⁴) ont montré que, par l'action de l'acide chlorhydrique concentré sur l'alcool diméthoxy-3.4-nitro-2-benzylique

---

(¹) Decker et Pschorr, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 3403.

(²) Tiffeneau, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 9, 1911, p. 928.

(³) P. Carré et D. Libermann, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 53, 1933, p. 1060.

(⁴) Slotta et Lauersen, *J. f. prakt. Chem.*, 139, 1934, p. 220.

on obtient le chlorure correspondant avec un excellent rendement, alors que, dans les mêmes conditions, l'alcool orthonitrobenzylique ne donne pas de chlorure d'orthonitrobenzyle; ils attribuent cette différence à la présence, dans le premier cas, d'un groupe OCH^3 en para par rapport au groupement alcool.

Nous nous sommes demandé si l'alcool vératrylique, qui possède aussi un groupe OCH^3 en para par rapport au groupement alcool, ne serait pas transformé en chlorure de vératryle avec un bon rendement par l'action de l'acide chorhydrique concentré.

Lorsqu'on traite l'alcool vératrylique par l'acide chlorhydrique concentré, dans les conditions indiquées par Slotta et Lauersen, on obtient peu de chlorure de vératryle; il se forme principalement le tétraméthoxy-2.3.6.7-dihydro-9.10-anthracène $(CH^3O)^2C^6H^2\left\langle{}^{CH^2}_{CH^2}\right\rangle C^6H^2(OCH^3)^2$, fusible à 237°, déjà obtenu par Robinson ([1]) en condensant le vératrol avec l'aldéhyde formique par l'acide sulfurique à 70 pour 100; ce tétraméthoxydihydroanthracène est oxydé dans la tétraméthoxy-2.3.6.7-anthraquinone de Vanzetti et Oliveri ([2]).

Nous avons aussi essayé de préparer le chlorure de vératryle par chlorométhylation du vératrol au moyen de l'aldéhyde formique et de l'acide chlorhydrique en présence du chlorure de zinc. Cette réaction fournit encore principalement le tétraméthoxy-2.3.6.7-dihydro-9.10-anthracène, avec production intermédiaire de tétraméthoxy-3.4.3'.4'-diphénylméthane, fusible vers 70°. Lorsque la réaction est effectuée vers —10° on peut isoler une faible quantité de chlorure de vératryle.

De plus, le chlorure de vératryle, qui n'est pas altéré par le gaz chlorhydrique sec, à froid, se transforme rapidement en tétraméthoxydihydroanthracène quand on l'agite avec l'acide chlorhydrique concentré, à la température ordinaire, ce qui paraît indiquer que le dérivé anthracénique se forme par condensation déshydratante de l'alcool vératrylique. Decker et Pschorr (*loc. cit.*) ont en effet montré que le chlorure de vératryle est très facilement hydrolysé par l'eau pour régénérer l'alcool vératrylique.

Des résultats analogues ont été obtenus avec l'alcool pipéronylique; celui-ci, agité avec l'acide chlorhydrique concentré, fournit un mélange de chlorure de pipéronyle et de diméthylènetétraoxy-2.3.6.7-dihydro-9.10-

---

([1]) Robinson, *J. Chem. Soc.*, **107**, 1915, p. 267.

([2]) Vanzetti et Oliveri, *Gazz. Chim. ital.*, **60**, 1931, p. 620.

anthracène, déjà décrit par Ewins (¹); il se forme ici une proportion de chlorure supérieure à celle formée dans le cas de l'alcool vératrylique. Le chlorure de pipéronyle se transforme aussi en diméthylènetétraoxy-dihydroanthracène quand on l'agite avec l'acide chlorhydrique concentré, mais beaucoup plus lentement que ne se transforme le chlorure de vératryle.

Les faits qui précèdent montrent la grande facilité de formation du noyau dihydroanthracénique à partir des composés benzéniques contenant deux groupes OCH^3 en position 3.4. Ils sont en accord avec la constitution dihydroanthracénique attribuée au diisoeugénol par Haworth et Mavin (²).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Migration du radical phosphorique au cours de l'hydrolyse du diester méthyl-β-glycérophosphorique. Passage des β aux α-glycérophosphates.* Note de MM. **Octave Bailly** et **Jacques Gaumé**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons récemment montré (³) que l'hydrolyse alcaline ménagée du diester mixte méthyl-α-glycérophosphorique s'accompagne de la migration partielle du radical phosphorique de la position α à la position β, de sorte qu'au lieu de conduire *normalement* à l'obtention du seul monoester α glycérophosphorique elle aboutit, *irrégulièrement*, à celle d'un mélange de ce monoester et de son isomère β, réalisant ainsi le passage des α aux β glycérophosphates.

Le fait que cette transposition n'est pas intégrale, mais qu'elle a lieu dans la proportion des deux tiers environ, nous a donné à penser qu'une migration semblable, s'effectuant en sens contraire, devait accompagner l'hydrolyse du diester mixte méthyl-β-glycérophosphorique, réalisant le passage inverse des β aux α glycérophosphates :

$$O{=}P\begin{cases}O.Na\\O.CH^3\\O\end{cases} \quad (\text{O lié à } CH^2.OH{-}CH{-}CH^2.OH) + Na.OH = CH^3.OH + O{=}P\begin{cases}O.Na\\O.Na\\O\end{cases} \quad (\text{O lié à } CH^2{-}CH.OH{-}CH^2.OH)$$

L'expérience a confirmé cette prévision et l'étude de la transposition envisagée s'est trouvée grandement facilitée du fait que, plus heureux dans

(¹) Ewins, *J. Chem. Soc.*, 95, 1909, p. 1486.
(²) Haworth et Mavin, *J. Chem. Soc.*, 1931, p. 1363.
(³) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2258.

ce cas que dans celui de la migration de sens contraire, nous avons pû isoler le diester méthyl-β-glycérophosphorique à l'état de sel de calcium cristallisé, alors que nous avions dû, faute de mieux, effectuer l'étude de l'hydrolyse du diester isomérique méthyl-α-glycérophosphorique à partir d'une liqueur réactionnelle de composition complexe.

La préparation du méthyl-β-glycérophosphate de calcium a été réalisée par action du sulfate de méthyle sur le β-glycérophosphate de sodium en solution aqueuse concentrée et froide, évaporation au bain-marie de la liqueur de réaction exactement neutralisée en présence de phénolphtaléïne, reprise du résidu obtenu par l'alcool fort, addition de $CaCl^2$ à la solution alcoolique résultante, filtration pour séparer un important précipité de NaCl et abandon du filtrat pendant plusieurs jours au frigorifique. Une seule purification des cristaux de premier jet obtenus dans ces conditions nous a conduits à l'obtention d'un sel pur, anhydre, très soluble dans l'eau, insoluble dans les autres solvants habituels des laboratoires et fondant instantanément au bloc Maquenne, vers 255°, en se décomposant.

L'hydrolyse du diester méthyl-β-glycérophosphorique a été effectuée dans les mêmes conditions que celle du diester isomérique α, c'est-à-dire en solution aqueuse diluée, à la température du bain-marie bouillant, à l'état de sel de sodium et au moyen d'une proportion équimoléculaire de soude. Après nous être assurés de la complète transformation du diester en monoesters, nous avons isolé ces derniers à l'état de sel global de baryum, dans lequel la méthode de dosage des α glycérophosphates de P. Fleury et R. Paris (1) nous a permis de déceler immédiatement la présence d'un tiers, environ, d'α glycérophosphate de baryum.

Nous ne nous sommes pas, d'ailleurs, tenus à cette seule preuve analytique de la migration étudiée et nous avons isolé à l'état d'α glycérophosphate de sodium cristallisé, rigoureusement identique au sel récemment décrit par Charpentier et Bocquet (2), le monoester α glycérophosphorique engendré au cours de l'hydrolyse du diester méthyl-β-glycérophosphorique et témoin irréfutable de cette migration. Cette opération a été réalisée au moyen d'une technique voisine de celle utilisée par P. Karrer et H. Salomon (3) pour séparer l'acide α glycérophosphorique des glycérophosphates globaux provenant de l'hydrolyse des lécithines et elle sera décrite dans un autre recueil.

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1416.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 104.
(3) *Helv. Ch. Acta*, 9, 1926, p. 6.

Nous ajouterons, enfin, que la même migration du radical phosphorique de β en α accompagne, également, l'hydrolyse *acide* ménagée du diester méthyl-β-glycérophosphorique et qu'elle est même beaucoup plus marquée dans ce cas, puisqu'elle s'effectue, alors, dans la mesure des deux tiers environ, engendrant, cette fois, une proportion prépondérante de monoester α.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensations cétoliques de l'éther acétylacétique avec la formaldéhyde.* Note de MM. **Henry Gault** et **Jean Burkhard**, transmise par M. Delépine.

Les recherches effectuées par l'un de nous avec la collaboration de MM. L. Germann [1] et A. Roesch [2] nous ont amenés à étudier la fixation des aldéhydes acycliques sar les atomes de carbone compris entre les groupes carboxyle et carbonyle des éthers β-cétoniques. Nous exposons dans ce qui suit les résultats obtenus en condensant la *formaldéhyde* avec l'*éther acétylacétique*.

Cette condensation, qui a fait l'objet de très nombreux travaux antérieurs, a toujours donné naissance à des composés bimoléculaire (éther méthylène-acétylacétique) et trimoléculaire (éther méthylène-*bis*-acétylacétique), résultant de l'élimination de 1^{mol} d'eau entre l'oxygène aldéhydique et les atomes d'hydrogène médians de l'éther acétylacétique.

Nous avons pu isoler, au contraire, l'un des termes correspondant à l'addition directe de la formaldéhyde à l'éther acétylacétique (I), stade intermédiaire de la formation des produits de condensation déjà connus, ainsi qu'un certain nombre de ses produits de transformation et de condensation secondaire avec la formaldéhyde (II) et (III) :

$$\begin{array}{rcl} & CH^2OH & \\ & | & \\ CH^3-CO- & C & -COOC^2H^5 \\ & | & \\ & CH^2OH & \end{array}$$

(I).

$$\begin{array}{rcl} CH^3-CO- & CH & -COOC^2H^5 \\ & | & \\ & CH^2 & \\ & | & \\ CH^3-CO- & C & -COOC^2H^5 \\ & | & \\ & CH^2OH & \end{array}$$

(II).

$$\begin{array}{rcl} & CH^2OH & \\ & | & \\ CH^3-CO- & C & -COOC^2H^5 \\ & | & \\ & CH^2 & \\ & | & \\ CH^3-CO- & C & -COOC^2H^5 \\ & | & \\ & CH^2OH & \end{array}$$

(III).

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 620.
(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 613.

Nous donnons, dans la présente Note, quelques brèves indications sur l'obtention et les propriétés de ces composés.

I. *Éther αα-diméthylol-acétylacétique* $C^8H^{14}O^5$ (I). — Cet éther résulte de la condensation de 2^{mol} de formaldéhyde avec 1^{mol} d'éther acétylacétique en présence de carbonate de potassium.

Mode opératoire. — On verse 130^g d'éther acétylacétique, par petites portions d'environ 5$^{cm^3}$ dans un mélange de 220$^{cm^3}$, de formol à 30 pour 100 (soit 10 pour 100 d'excès) et de 2^g de carbonate de potassium, refroidi dans un mélange réfrigérant, de manière que la température ne dépasse jamais + 8°. On suit la condensation au perchlorure de fer; la réaction colorée est, après une heure environ, complètement négative. Le mélange, *homogène*, est saturé ensuite par du sulfate d'ammonium; il se sépare une huile qu'on extrait à l'éther en maintenant la température à — 10°. La solution éthérée est séchée successivement sur du sulfate de magnésium, puis sur de l'anhydride phosphorique, à une température comprise entre — 10° et — 15°. Après décantation de la solution éthérée, on précipite l'éther diméthylol-acétylacétique à l'état huileux par l'éther de pétrole. On le sèche ensuite dans le vide sulfurique jusqu'à constance de poids.

Propriétés. — L'éther diméthylol-acétylacétique est une huile incolore, visqueuse, soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène, l'acide acétique et dans une solution aqueuse de formaldéhyde. Insoluble dans l'éther de pétrole et dans l'eau, il dissout lui-même jusqu'à 82 pour 100 d'eau en volume. Sa solution alcoolique n'est pas colorée par le perchlorure de fer. Anhydre, il est stable à température ordinaire. Chauffé au-dessus de 50°, il se transforme en un mélange des deux formes isomériques de l'éther monométhylol-méthylène-bisacétylacétique (voir ci-après). Il donne avec le chlorure d'acétyle un diacétate (E_{14} : 174°) dont la solution alcoolique n'est pas colorée par le perchlorure de fer. Avec l'ammoniac, on obtient une cétimine (F : 185°).

II. *Éther monométhylol-méthylène-bisacétylacétique* : $C^{14}H^{22}O^7$ (II). — Cet éther résulte de la condensation de l'éther diméthylol-acétylacétique avec l'éther acétylacétique en présence d'une solution aqueuse de carbonate de potassium.

On peut aussi l'obtenir directement à partir de l'éther acétylacétique en ajoutant, après addition d'une première molécule d'éther acétylacétique au formol (formation d'éther diméthylol-acétylacétique), une deuxième molécule de cet éther.

L'éther monométhylol-méthylène-bisacétylacétique existe sous deux formes isomériques : la première acyclique, huile visqueuse, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'autre cyclique et solide sur laquelle nous reviendrons dans une Note ultérieure.

III. *Éther diméthylol-méthylène-bisacétylacétique* : $C^{15}H^{24}O^8$ (III). — Cet

éther résulte de la condensation de deux molécules d'éther acétylacétique avec trois molécules de formaldéhyde en présence de carbonate de potassium.

On verse par fractions, de façon que la température se maintienne entre 28° et 30°, 310$^{cm^3}$ de formol à 30 pour 100 dans 260^g d'éther acétylacétique, mélangé à une solution de 20^g de carbonate de potassium dans 15$^{cm^3}$ d'eau et de 10$^{cm^3}$ d'alcool. On agite pendant 12 heures et essore le produit solide formé que l'on recristallise ensuite dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole (R^t 90 %).

L'éther diméthylol-méthylène-bisacétylacétique solide fond à 100°; il est soluble dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique et insoluble dans l'eau et l'éther de pétrole. Sa solution alcoolique n'est pas colorée par le perchlorure de fer. Malgré que l'on puisse prévoir l'existence d'au moins deux formes isomériques, nous n'avons pu obtenir, jusqu'à présent, qu'une seule forme.

On peut aussi obtenir cet éther en faisant réagir directement deux molécules de formaldéhyde sur une molécule d'éther méthylène-bisacétylacétique fraîchement préparé, mais les rendements atteignent ici à peine 30 pour 100.

PALÉOBIOLOGIE. — *Présence de pollen de Conifère (Abiétinée) dans un silex de la craie. Les pluies de pollen à l'époque crétacée.* Note (¹) de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. M. Caullery.

On sait que l'exine de certains grains de pollen présente une résistance extraordinaire aux agents destructeurs. Cette propriété a permis, en particulier, le développement des analyses polliniques dans les tourbes quaternaires. En dehors de ces tourbes, où la présence des pollens s'explique aisément, on n'a signalé encore des pollens que dans des roches d'origine terrestre, où leur présence était non moins facilement compréhensible : magmas silicifiés du terrain houiller (pollen de *Cordaites*), débris végétaux silicifiés du Tertiaire de Hongrie (pollen de *Pinus*). Les auteurs qui ont signalé ces pollens les indiquent comme *silicifiés*. Nous doutons de cette assertion. La découverte que nous avons faite, dans un silex crétacé, de grains de pollen de Conifère (Abiétinée), conservés à l'état de matière organique, c'est-à-dire *non silicifiés*, nous rend enclin à penser que les pollens conservés en milieu siliceux, y sont également restés à l'état de

(¹) Séance du 15 octobre 1934.

matière organique. Certaines photographies publiées à ce sujet viennent à l'appui de notre manière de voir : les grains de pollen y apparaissent avec un relief et une netteté que ne saurait présenter un objet siliceux noyé dans une masse de même composition.

Dans notre silex (un galet provenant d'alluvions quaternaires de la vallée de la Seine), le pollen s'est incontestablement conservé à l'état de matière organique. Nous n'en possédons encore qu'un grain entier et quelques débris [1], dont certains d'identification peu sûre. Mais l'état de conservation du grain entier est tel que le moindre doute ne peut être conservé à son sujet : non seulement la forme générale est identique à celle d'un grain de pollen *frais*, *vivant*, mais l'ornementation de l'exine s'observe avec une facilité égale à celle offerte par la meilleure préparation colorée d'un pollen récent. A vrai dire, nous ne sommes plus, personnellement, étonné par cette magnifique conservation : les études que nous avons poursuivies ces derniers temps sur les microfossiles des silex, et sur lesquelles nous reviendrons prochainement, nous ont mis en présence de cas de conservation tout aussi remarquables.

Malheureusement, l'identification spécifique et même générique d'un pollen d'âge crétacé n'est pas possible dans l'état actuel de nos connaissances. La présence des deux ballonnets latéraux est uniquement caractéristique des Abiétinées. Leur disposition, la forme de la partie centrale et surtout les dimensions du grain (long. 57^{μ}), permettent seulement de le rapprocher plus volontiers d'un *Pinus*, plutôt que des autres genres, tels qu'*Abies* ou *Picea*, dont le pollen est de taille supérieure.

Il reste à expliquer maintenant la présence de pollen de Conifère *dans une roche sédimentaire marine*, et qui plus est, dans une roche où les matériaux d'origine terrestre sont très rares, ainsi que l'a montré L. Cayeux depuis longtemps. Mais ceci ne nous semble présenter aucune difficulté. Il faut bien se rendre compte, cependant, qu'il a fallu, pour que quelques grains de pollen puissent être retrouvés aujourd'hui dans un silex, que des quantités prodigieuses aient été déversées sur la mer, à l'époque où se formaient les sédiments dans lesquels ce silex a pris naissance. A l'époque actuelle, on sait que des pluies de pollen (de pollen de Pin maritime par exemple) peuvent avoir lieu à la suite de circonstances

---

[1] Depuis la remise de cette Note, nous avons retrouvé un grain de pollen d'abiétinée dans un silex aptien de Provence, qui a été procuré par Mlle Pfender.

météorologiques particulières. Le grand développement des Conifères à l'époque crétacée permet donc d'imaginer ce qu'ont pu être alors ces pluies de pollen, dont les nuages ont été facilement transportés en mer à des distances relativement considérables, et en tout cas très supérieures à la zone néritique de dépôt des matériaux terrigènes.

L'absence totale actuelle de documentation sur la fréquence des pollens dans les silex ne permet guère de tirer d'autres conclusions. Il semble bien, cependant, que nous aurions là une preuve de plus, à la fois du peu de profondeur relative de la mer crétacée et, en même temps, de la rapidité de la formation des silex (¹), deux notions qui sont d'ailleurs en parfait accord avec les vues de L. Cayeux.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une condition de l'accumulation des cellules tannifères dans le bois de châtaignier.* Note de M. **Maurice Quendiac**, présentée par M. M. Molliard.

L'accumulation des substances tanniques dans le cœur du Châtaignier (²) d'une part, l'abondance des cellules à tannin dans le bois des branches peu actives d'autre part, permettent d'envisager l'hypothèse d'une relation entre l'accumulation des tannins et la circulation de la sève.

J'ai essayé de voir si, en arrêtant ou au moins en ralentissant la circulation de la sève dans certaines parties d'une branche, on pouvait provoquer des phénomènes analogues à ceux qu'on observe dans le cœur du Châtaignier.

A cet effet j'ai effectué, près de la base de la branche des entailles perpendiculaires à l'axe et atteignant environ le centre de façon qu'elles intéressent à la fois l'aubier et le cœur. Les branches ont été choisies relativement jeunes (12 à 15 ans) de façon à présenter une large zone d'aubier. Les entailles ont été faites à la fin de l'hiver (9 mars 1933), la reprise de la végétation n'étant pas encore effectuée. Le coin enlevé à la scie a été recueilli et conservé dans le bichromate de potassium en solution à 5 pour 100. Son étude a permis de connaître exactement la répartition tannifère dans la branche considérée au moment de la mise en expérience.

(¹) Les grains de pollen présentent, en effet, une résistance très grande aux agents de destruction chimiques ou bactériens, mais non aux agents physiques (frottement, érosion, par exemple).

(²) Maurice Quendiac, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 937.

Les branches entaillées ont été ensuite coupées à des intervalles d'environ un mois (5 avril, 26 avril, 29 mai, 27 juin, 26 juillet, 26 août). Des prélèvements ont été effectués à divers niveaux de la branche et à la hauteur de l'entaille et traités ensuite pendant 8 à 10 mois par le bichromate de potassium à 5 pour 100.

Dès le 5 avril quelques modifications sont constatées dans la répartition des substances tanniques. Elles sont strictement localisées du côté où l'entaille a été faite, c'est-à-dire dans la région où la sève a été arrêtée dans son ascension. Elles consistent surtout dans une augmentation du nombre des cellules tannifères dans le parenchyme ligneux de l'aubier. Toutefois ce phénomène n'est constaté qu'au delà de l'entaille et dans son voisinage immédiat.

Dans la branche où l'expérience fut arrêtée le 26 avril (date correspondant au début de l'épanouissement des bourgeons) l'accumulation des cellules à tannin est très nette dans la même région de l'aubier. De plus, entre l'entaille et le tronc de l'arbre, il y a une légère augmentation du nombre des cellules tannifères.

A partir du mois de mai, il y a de profonds changements dans la répartition des substances tanniques. Ces changements encore localisés au printemps dans les environs de l'entaille s'étendront vers l'extrémité de la branche au cours de l'été.

Dès le 29 mai, les modifications dans la répartition des tannins s'observent avec la même importance dans les parties de la branche précédant et suivant l'entaille. L'aubier est maintenant divisé en deux régions bien différentes; l'une a conservé les caractères normaux, c'est-à-dire ceux que l'on observe dans l'examen du coin enlevé lors de la mise en expérience, l'autre au contraire présente une accumulation très intense des cellules tannifères dans le parenchyme ligneux. On y rencontre même des vaisseaux contenant des composés tanniques. Cette région présente donc tous les caractères de la zone de transition séparant normalement l'aubier du cœur. Ces modifications ne se manifestent pas sur la couche d'aubier en cours de formation qui conserve ses caractères normaux sur toute la circonférence.

Les deux régions d'aubier dont les caractères sont si différents présentent une ligne de démarcation bien nette correspondant à peu près à la projection du fond de l'entaille sur les zones considérées.

Les entailles qui ont opposé un obstacle à la circulation de la sève ont donc amené dans la répartition des substances tanniques des modifications importantes. Il est à remarquer que ces modifications ont provoqué au cours

d'une période végétative la formation d'un tissu tannifère analogue à celui qui se forme chaque année dans la zone limite de l'aubier et du cœur. Il apparaît donc que cette zone de transition qui précède l'imprégnation de tous les éléments ligneux est bien déterminée par l'arrêt de la circulation de la sève et correspond à la couche la plus externe du cœur.

TECHNOLOGIE AGRICOLE. — *Sur les équilibres calcophosphoriques réalisés dans les fromages.* Note de MM. **Gustave Guittonneau** et **René Chevalier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La constitution minérale des fromages est conditionnée, lors de leur fabrication, par la répartition des éléments du lait entre le caillé et le lactosérum que celui-ci laisse exsuder (synérèse).

Suivant que la synérèse reste ou non indépendante d'une fermentation lactique nettement accusée, on conçoit, en particulier, que le calcium et le phosphore doivent passer dans le lactosérum en proportions différentes.

Nous avons vérifié que les deux types de synérèses ainsi définis tendent, en effet, à établir dans les caillés de fromagerie deux types d'équilibres calcophosphoriques assez nettement définis et nous avons expérimentalement fixé la valeur du rapport Ca/P qui caractérise chacun d'eux. Une étude ultérieure nous a en outre montré que le rapport Ca/P réalisé dans les fromages se rapproche toujours soit de l'une, soit de l'autre des valeurs que nous avons déterminées.

1. *Synérèse sans fermentation lactique appréciable.* — $14^{l},270$ de lait [acidité $1^{g},57$ [1] — pH = 6,65] sont caillés par addition de $6^{cm^3},5$ de présure (force coagulante 2500) à la température de + 34°. La synérèse est accélérée par division du caillé, agitation convenablement réglée avec élévation progressive de la température jusqu'au voisinage de + 60°, puis par pressage. On sépare tout d'abord $12^{l},300$ de sérum dont l'acidité est de $0^{g},99$ et le pH de 6,37. Le pressage donne ensuite en 3 heures 50 : 135^{cm^3} de lactosérum dont l'acidité est $1^{g},08$ et le pH 6,36. Ni dans l'une ni dans l'autre de ces deux portions, on ne trouve la trace d'une fermentation lactique nettement accusée.

Dans cette étude comme dans toutes celles qui font l'objet de cette Note,

---

(1) Toutes les acidités déterminées en présence de phénolphtaléine comme indicateur sont exprimées en grammes d'acide lactique par litre.

le phosphore a été dosé par la méthode de Posternak [1], et le calcium à l'état d'oxalate, après minéralisation des produits par attaque nitroperchlorique [2].

Le bilan des répartitions cherchées s'établit comme il suit :

	Dans le lait emprésuré.	Dans le lactosérum.	Restant dans le caillé. Au total.	Pour 100 de l'apport par le lait.
Ca................	15g,988	4g,981	11g,007	68,86
P................	12g,804	5g,531	7g,267	56,76

Ces chiffres permettent de calculer qu'avec un rendement industriel normal de 9,4 de fromages frais pour 100 de lait emprésuré, le rapport (richesse pour 100 du fromage), (richesse pour 100 du lait) est égal : pour le Ca à 7,3 et pour le P à 6,5.

Ils assignent enfin au rapport Ca/P la valeur 1,51 (pour le lait Ca/P = 1,35).

2. *Synérèse avec fermentation lactique se développant librement.* — 6l,600 de lait (acidité 3g,78 pH = 5,43) sont caillés par 4cm³ de présure (force coagulante 2500) à + 33°. Le caillé réparti entre deux moules perforés est abandonné à l'égouttage spontané à + 25°. Le sérum recueilli accuse au début de l'égouttage une acidité de 3g,73, son pH étant de 5,07. A la fin de l'égouttage (après 23 heures), l'acidité du sérum est de 6g,75 et son pH de 4,23. La fermentation lactique a nettement manifesté ici son activité. La répartition du phosphore et du calcium s'effectue comme il suit :

	Dans le lait emprésuré.	Dans la totalité du sérum.	Restant dans le caillé. Au total.	Pour 100 de l'apport par le lait.
Ca................	7g,986	7g,045	0g,941	11,79
P................	5g,999	3g,803	2g,196	36,61

Le calcul montre que, pour un rendement normal de 14,5 de fromage frais pour 100 de lait, le rapport (richesse pour 100 du fromage/richesse pour 100 du lait) est égal : pour le Ca à 0,86 pour le P à 2,75. Les fromages sont donc plus pauvres en Ca que le lait et moins riches en P que dans le cas précédent. D'autre part, le rapport Ca/P a pour valeur 0,43 (lait 1,37).

(1) *Bulletin Société chimique*, 4, 1920, p. 507 et 564.
(2) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 5, 1927, p. 331.

3. *Étude analytique de quelques fromages de divers types.* — Nos études analytiques se résument dans le tableau ci-dessous où figurent les moyennes des résultats concordants des analyses de trois fromages de chaque type, achetés au hasard sur le marché parisien :

	Dans l'extrait sec dégraissé (en pour 100).		
	Ca.	P.	Ca/P.
Fromages pressés.			
Port-Salut	2,13	1,57	1,35
Cantal	2,34	1,60	1,46
Comté	2,70	1,81	1,49
Fromages à égouttage spontané.			
Fromage « à la pie »	0,62	0,99	0,62
Camembert	0,49	0,85	0,57
Brie	0,44	0,85	0,51

Ce tableau fait apparaître la différence des richesses en Ca et en P régulièrement relevée entre les fromages dits pressés et ceux qui sont obtenus par égouttage spontané. Il montre en outre la constance relative du rapport Ca/P dans chacune des catégories envisagées.

AGRONOMIE. — *Fixation, par les plantes, du radium mis à leur disposition dans le sol.* Note de MM. **Adolphe Lepape** et **René Trannoy**, présentée par M. L. Blaringhem.

1. Nous avons établi [1] que la simple addition de doses modérées de radium au sol n'exerce, pratiquement, aucune influence sur les plantes qu'on y cultive. Une dose de radium égale à mille fois la teneur normale du sol s'est révélée légèrement nocive pour les plantes étudiées. Il était intéressant de rechercher si cette indifférence physiologique des plantes au radium s'accompagne ou non de la fixation de ce radioélément (présent dans le sol sous forme de composés insolubles dans l'eau) dans leurs tissus. Nous avons donc effectué le dosage du radium dans les cendres globales d'un certain nombre des plantes récoltées sur les parcelles de terrain (sols naturels et sols artificiellement enrichis en radium) définis dans notre

---

[1] A. Lepape et R. Trannoy, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 316.

Note précédente. Quelques-uns des résultats obtenus sont réunis dans le tableau suivant (le cas échéant, le radium dû à la terre entraînée par la plante récoltée a été déduit; les nombres en italiques représentent des résultats douteux) :

Terrains.	Radium (en 10^{-12} gr) par gr. de terre fine du sol.	par gr. de cendres blanches.	par kilogr. de récolte sèche.	enlevé par la récolte sur 1^{m^2}.	$\frac{\text{Ra enlevé par m}^2}{\text{Ra par gr de terre}}$
			Orge, **1930** (partie aérienne, fauchaison normale).		
K témoin.........	1	4,6	282	221	221
K 10.............	14	30,25	2453	1512	108
K 100............	158	241,9	19324	11903	75,3
			Orge, **1931** (partie aérienne, fauchaison normale).		
C témoin.........	0,5	2,9	162	115	330
C témoin.........	0,5	1,7	97,5	55,5	111
C 10.............	8,5	7,1	403,9	310,5	36,5
C 100............	*45,0*	77,7	3841,0	1858,0	41,3
			Blé, **1933** (partie aérienne, fauchaison à 5^{cm}).		
C témoin.........	0,5	0,55	33,5	28	56
C 10.............	8,5	6,6	404,5	307,4	36,1
C 100............	*45,0*	54,1	4083,0	3489,0	77,5
			Maïs, **1932** (partie aérienne, fauchaison à 8^{cm}).		
V témoin.........	1,0	3,9	66,0	165,9	165,9
V 10.............	*6,6*	5,6	87,5	205,6	30,9
V 100............	132,0	20,2	346,0	836,0	6,3
V 1000...........	1350,0	195,0	3148,0	7022,0	5,2
			Navets, **1931** (plantes entières).		
C témoin.........	0,5	0,32	63,6	7,84	15,7
C 10.............	8,5	5,6	947,0	101,6	11,9
C 100............	*45,0*	56,3	14377,0	791,0	17,6
			Orties, **1927** (partie aérienne, fauchaison normale).		
O sol naturel.....	0,67	0,63	67,0	12,2	19,3
			Carottes, **1927** (plantes entières).		
N sol naturel.....	0,79	2,0	145,2	108	136,6

2. Nous avons également étudié, mais seulement pour le maïs cultivé

à Versailles en 1932, la répartition du radium entre les divers organes de la plante (fruits non complètement mûrs). Voici les résultats de nos mesures :

Maïs.

Terrain de Versailles 1932.	Radium (en 10^{-12} gr) par gramme de cendres blanches.			par kilogramme de récolte sèche.		
	Feuilles.	Tiges.	Fruits.	Feuilles.	Tiges.	Fruits.
V témoin..	6,96	3,54	0,71	445	118,4	7,5
V 10......	9,54	4,8	0,98	–	174	11,2
V 100.....	25,9	22,2	5,6	2873	891	75,6
V 1000....	291	174	41,4	32028	5564	424

3. *Conclusions.* — 1° Le radium présent dans le sol est assimilé par les plantes, et celles-ci en fixent dans leurs tissus une quantité d'autant plus élevée que le sol est lui-même plus radioactif. 2° Toutefois, lorsque la richesse du sol en radium augmente, le rapport *Ra cendres/Ra sol* diminue généralement. 3° Il en est de même pour le rapport entre la masse de radium enlevée par une récolte et la masse de radium contenue dans la terre correspondante. La récolte qui a fourni pour ce rapport la valeur la plus élevée, soit 330 (orge 1931, parcelle C témoin), n'a enlevé que le 1/1000e environ du radium contenu dans le sol. Pour les parcelles à doses 1000 de Versailles, la fraction du radium du sol enlevée par les récoltes étudiées n'est que 1/10000e chaque année. L'extraction du radium du sol opérée par les plantes ne paraît donc susceptible d'aucun intérêt industriel. 4° Au point de vue de leur teneur en radium, les organes de l'unique plante étudiée (maïs) se classent nettement dans l'ordre décroissant : feuilles, tiges, fruits. Il est cependant probable que la migration du radium dans le grain n'était pas achevée au moment de la récolte. 5° Les plantes utilisées pour la nourriture de l'homme et des animaux introduisent progressivement du radium dans l'économie. Pour les sols naturellement riches en radioéléments, il y aurait donc lieu de rechercher si les quantités de ceux-ci apportés aux cellules vivantes par les aliments végétaux n'y produiraient pas, à plus ou moins brève échéance, des effets nocifs.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la présence d'un spermatophore chez certains Insectes Orthoptères de la famille des Phasmides.* Note de M. **Lucien Chopard**, présentée par M. Ch. Gravier.

On sait que chez certains Orthoptères les spermatozoïdes se trouvent renfermés dans une formation spéciale que le mâle dépose à l'entrée des voies génitales de la femelle au moment de l'accouplement. Cette formation a reçu le nom de spermatophore et a été constatée depuis longtemps déjà dans les deux familles des *Gryllidæ* et des *Tettigoniidæ*, constituant le groupe des Ensifères; dans la seconde de ces familles, en particulier, le spermatophore est complexe et arrive à une taille relativement énorme. Beaucoup plus récemment, des formations analogues, mais bien plus réduites, ont été décelées chez les Acridiens (Boldyrev, Fedorov) et chez les Mantides (Przibram); on n'en a jamais signalé, par contre, ni chez les Blattes, ni chez les Phasmides.

En observant l'accouplement des Phyllies (*Phyllium bioculatum* Gray) élevées au Vivarium du Jardin des Plantes, j'ai constaté qu'il existe chez cette espèce un spermatophore très bien constitué. Ce spermatophore a la forme d'une petite sphère de couleur rose, de 2^{mm} de diamètre environ, terminée par un tube cylindrique servant de conduit évacuateur. L'ensemble est très comparable au spermatophore de certains Grillons, des Nemobius en particulier. Il s'agit donc d'un spermatophore simple, formé, suivant la nomenclature de Boldyrev, d'un flacon ou ampoule et du canal d'évacuation. Aussitôt après l'accouplement, qui dure plusieurs heures, on voit ce spermatophore fixé par la partie effilée dans les voies génitales de la femelle, l'ampoule sphérique faisant saillie sur le côté de l'oviscapte; il reste ainsi en place pendant un assez long temps, puis l'ampoule se flétrit et se dessèche après que son contenu a passé dans le réceptacle séminal. La femelle de Phyllie ne fait aucun effort pour se débarrasser des débris du spermatophore qu'on retrouve souvent desséchés et collés sur les téguments plusieurs jours après l'accouplement. Encore moins tente-t-elle les manœuvres de mastication qu'on observe souvent chez les Tettigoniides; il semble d'ailleurs que la forme même de son corps lui interdirait les mouvements nécessaires pour de telles manœuvres.

La présence d'un spermatophore chez les Phyllies permet seulement de supposer la généralité de l'existence de cette formation chez les Phasmides,

groupe d'Insectes nombreux, assez hétérogène, et comprenant presque uniquement des espèces de faune tropicale. Par suite leurs mœurs sont fort mal connues, l'accouplement n'a été observé que chez quelques formes qu'on a réussi à élever en captivité bien que, la parthénogénèse, si fréquente dans ce groupe d'Insectes, rende ces observations relativement encore plus rares.

PHYSIOLOGIE HORMONALE. — *La greffe* bréphoplastique *sous-cutanée de la thyroïde chez le Rat.* Note de M. **Raoul M. May**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous appelons greffe *bréphoplastique* la transplantation *fonctionnelle* et *durable* de tissus d'embryons ou de nouveau-nés chez des animaux jeunes ou adultes (gr. βρέφος, embryon, fœtus, enfant nouveau-né, petit des animaux; πλάσσειν, former, modeler). Cet adjectif est forgé par analogie avec les termes *autoplastique*, etc., employés pour les différentes catégories de greffes. Le substantif correspondant est *bréphoplastie*.

J'ai observé [1] que le tissu cérébral de Raton nouveau-né, implanté dans l'œil d'un Rat adulte, survit et s'y adapte parfaitement de façon durable. J'ai démontré par la suite [2] que la thyroïde et la parathyroïde de Raton nouveau-né, implantées dans l'œil d'un jeune Rat, se développent comme elles l'auraient fait *in situ* et assument les fonctions des tissus semblables du porte-greffe si ceux-ci sont extirpés. Les porte-greffes éthyroïdés se sont développés comme les témoins non opérés, tandis que les Rats simplement éthyroïdés ont eu une croissance très incomplète.

La chambre antérieure de l'œil constitue un milieu particulièrement favorable pour les greffons, mais elle ne permet qu'un développement limité des organes implantés, donne lieu à une technique très délicate et ne saurait être utilisée chez l'Homme. C'est pourquoi nous avons voulu étendre la méthode des greffes bréphoplastiques à un site aussi facilement accessible et aussi généralement distribué que le tissu sous-cutané.

Opérant de façon aseptique, sous la loupe binoculaire, je prépare une loge avec un scalpel très fin, quelquefois sous la peau du flanc, mais

---

(1) *Arch. d'Anat. Microsc.*, 26, 1930, p. 433-445.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1525-1527; *Arch. de Biol.*, 44, 1933, p. 149-178.

presque toujours sous la peau dorsale du pavillon de l'oreille, près d'une artériole, d'un Rat blanc ou pie, âgé de quatre à sept semaines. Je découvre un lobe de thyroïde d'un Raton blanc ou pie né le jour même. Je l'aspire, avec sa parathyroïde, dans une pipette de verre lavée à l'eau physiologique, puis j'introduis le lobe thyroïdien dans la loge préparée sous la peau. Cette opération a été faite sur plusieurs individus de mêmes sexe et âge. Après cinq à neuf jours, j'excise complètement la thyroïde et les parathyroïdes de ces Rats, ainsi que celles d'autres individus de mêmes sexe et âge, presque toujours de la même portée, en conservant des témoins. J'ai élevé ces Rats plusieurs mois. Mes expériences ont été faites sur huit portées ou groupes.

Le lobe thyroïdien qui, à la naissance, mesure environ 1^{mm} de diamètre et a une structure embryonnaire, est vascularisé après sa greffe, acquiert la structure histologique d'une thyroïde adulte, et grossit jusqu'à la taille d'un lobe de celle-ci (environ 3^{mm} en largeur et 4^{mm} en longueur).

Des pesées faites tous les mois ont montré que les porte-greffes éthyroïdés se sont développés comme les témoins non opérés, tandis que les Rats simplement éthyroïdés ont eu une croissance très incomplète, avec une forte mortalité.

	Groupe *d-f*. Rats blancs.				Portée *g*. Rats blancs ♀.				Portée *h*. Rats blancs ♀.			
Origine du greffon	Raton blanc.				Raton blanc.				Raton pie.			
Age au moment de la greffe.	47 jours.				34 jours.				28 jours.			
Age au moment de la dernière pesée	200 jours.				252 jours.				202 jours.			
	Poids en grammes				Poids en grammes				Poids en grammes			
	Nos.	à l'éthyroïdectomie.	à la dernière pesée.	Augmentation.	Nos.	à l'éthyroïdectomie.	à la dernière pesée.	Augmentation.	Nos.	à l'éthyroïdectomie.	à la dernière pesée.	Augmentation.
Porte-greffes éthyroïdés	3...	56,8	133,7	76,9	1...	58,8	187,5	128,7	1...	94,5	168,0	73,5
	5...	54,2	185,5	131,3	2...	62,1	155,0	92,9	2...	87,5	192,0	104,5
Ethyroïdés	1...	69,0	93,5	24,5	3...	65,1	108,0	42,9	3...	50,5	morts dans le mois suivant l'héthyroïdectomie.	
	11...	87,3	113,5	26,2	11...	65,2	88,0	22,8	4...	71,5		
									11...	47,8		
Témoins	6...	43,2	154,5	111,3	5...	66,7	182,5	115,8	5...	80,0	184,5	104,5
	7...	66,7	162,5	95,8								

La greffe thyroïdienne sous-cutanée donne un pourcentage de reprises moindre que la greffe thyroïdienne intraoculaire où l'on obtient une reprise de presque tous les greffons.

D'autre part, dans une portée de 6 Rats *non éthyroïdés*, le greffon thyroïdien, après avoir pris, s'être vascularisé et différencié pendant le premier mois, s'est résorbé par la suite. Ainsi, alors que, dans la greffe intraoculaire, la thyroïde et la parathyroïde de nouveau-né atteignent leur structure histologique adulte, même quand le porte-greffe n'est pas éthyroïdé, la présence de la thyroïde normale semble inhiber celle de l'organe surnuméraire implanté sous la peau.

Il ressort du présent travail que la thyroïde et la parathyroïde de Raton nouveau-né, implantées sous la peau d'un jeune Rat *éthyroïdé peu après*, se vascularisent, se développent et se différencient histologiquement comme elles l'auraient fait chez l'animal auquel elles ont été empruntées, et assument les fonctions des tissus semblables qui manquent au porte-greffe.

Ces résultats nous paraissent susceptibles d'une application pratique chez l'Homme.

IMMUNOLOGIE. — *Immunité naturelle du Hérisson vis-à-vis du venin d'Abeilles*. Note de Mme **Marie Phisalix**, présentée par M. Ch. Gravier.

L'action vaccinante réciproque des venins d'Abeilles et de Vipère aspic, leur action physiologique de même ordre, portant sur le tissu nerveux, les cellules conjonctives et les globules rouges, m'ont engagée à rechercher si les animaux, tels le Hérisson, qui sont doués d'immunité naturelle vis-à-vis du venin de Vipère, la possèdent également vis-à-vis du venin d'Abeilles.

La chose est d'autant plus vraisemblable que le Hérisson, invectivore par sa dentition, se montre, comme le Crapaud, très friand d'Abeilles : introduit dans une cage où circulent quelques centaines d'Abeilles bourdonnantes, il entre dans une frénésie extraordinaire, exécute des sauts verticaux, latéraux, se retourne bout pour bout, se contortionne avec une souplesse de rat, ne pouvant souffrir que les Abeilles frôlent ses piquants ou les poils qui bordent son manteau, les happe au passage ou sur les parois, les croque avec rapidité, et parvient à faire le vide autour de lui.

L'un de mes sujets d'expérience a ainsi dévoré à la file 150 abeilles pourvues de leur aiguillon, et en outre 190 autres désaiguillonnées. Si par hasard, tant il va vite, quelque sujet accroche son aiguillon à la langue ou aux parois buccales, il se comporte comme le Crapaud en semblable occu-

rence, multiplie les efforts de déglutition, sans jamais chercher à expulser l'Abeille accrochée.

Technique. — Les Abeilles que j'ai employées proviennent toutes d'une même ruche de l'École d'Apiculture de Charenton, ruche issue directement d'un essaim d'Abeilles sauvages capturées dans l'année en Auvergne.

Quant aux Hérissons sur lesquel le venin a été essayé, ils ont été soigneusement baignés et rincés dans une eau javellisée, puis dans l'eau bouillie, pour éviter toute action infectante surajoutée au niveau des piqûres ou de l'inoculation.

Le venin a été introduit sous la peau, soit par piqûres directes, soit sous forme de macération des appareils venimeux tout entiers dans l'eau salée à 7 pour 1000, stérilisée.

Dans les deux cas, il est bon d'anesthésier légèrement les sujets pour les rendre maniables; quelques bouffées de chloroforme ... à la Reine ... donnent de meilleurs résultats que tous les autres anesthésiques essayés. Le sujet est ensuite mis sur le dos, les pattes fixées à un plateau par des ligatures. Cette précaution est d'ailleurs superflue lorqu'il s'agit d'une simple inoculation.

Effets des piqûres directes : Hérisson n° 1. — Un sujet mâle, pesant 750^{g}, reçoit sous la peau rasée de l'aisselle les piqûres successives de 20 abeilles, qui laissent chacune dans la peau leur aiguillon, lequel continue jusqu'à épuisement de sa réserve à instiller le venin.

La dose reçue par l'animal correspond à environ 3^{mg} de venin (pesé sec), soit 4^{mg} par 1000^{g} de poids de hérisson.

Hérisson n° 2. — Une femelle pesant 1000^{g} reçoit successivement 12 piqûres sur le muscau, qui la font éternuer, 20 piqûres sous l'aisselle gauche, 20 autres sur le thorax et sous l'aisselle droite, en tout 52 piqûres en une seule séance, correspondant à 15^{mg},6 de venin pur.

Dans ces deux expériences, les sujets répondent à chaque piqûre par un petit tressaillement; mais au réveil ne manifestent aucun symptôme, aucune incommodité fonctionnelle, non plus que les jours suivants.

Effets de la macération des appareils venimeux. — Les aiguillons retirés, chacun avec sa vésicule et ses deux filaments glandulaires, par traction douce sur leur extrémité, sont plongés au fur et à mesure dans une petite quantité d'eau salée physiologique, et le tout abandonné au frais pendant une nuit. La masse est ensuite filtrée sur toile batiste, et exprimée : le filtrat est chauffé en pipette au bain-marie à 60° pendant 30 minutes. Dans ces conditions, le venin n'est pas modifié quant à sa toxicité; il est prêt a être inoculé.

Hérisson n° 3. — Cette grosse femelle, pesant 1000^{g}, reçoit sous la peau

d'une cuisse, 3^{cm^3} de filtrat, provenant de la macération de 100 aiguillons (équivalant à 30^{mg} de venin pesé sec).

Hérisson n° 4. — Un mâle pesant 670^{g}, reçoit en tout sous la peau des cuisses, 5^{cm^3} de filtrat correspondant à 120 abeilles, soit 36^{mg} de venin (soit 53^{mg} pour 1000^{g} de poids de l'animal).

Hérisson n° 5. — Ce sujet mâle, pesant 785^{g}, reçoit sous la peau des cuisses, 6^{cm^3} de filtrat provenant de la macération de 190 aiguillons ($56^{mg},4$), soit 72^{mg} de venin sec pour un poids de 1000^{g} d'animal.

Seul, ce dernier sujet manifeste un peu d'inappétence passagère, et rien d'autre. Aucun des trois ne porte même le museau à la région inoculée, et aucune action locale ne s'y produit le jour même et les jours suivants.

Ainsi le Hérisson paraît pratiquement insensible au venin d'Abeilles, et dans l'échelle de résistance des espèces à ce venin, se place au voisinage des Serpents.

En ce qui concerne sa résistance vis-à-vis du venin inoculé, elle est plus de deux fois supérieure à celle qu'il possède vis-à-vis du venin de Vipère, car 72^{mg} de venin d'Abeilles ne suffisent pas à tuer un sujet du poids de 1000^{g}, qui succomberait à 31^{mg} de venin de Vipère.

Mécanisme de l'immunité. — L'immunité du Hérisson s'exerce principalement vis-à-vis de la neurotoxine et des cytolysines du venin; mais non contre l'hémolysine de ce dernier, qui attaque directement et instantanément les hématies dans leur plasma. Sans doute, *in vivo*, cette action est-elle moins marquée, car le venin n'arrive dans la circulation que dilué, et en petite quantité relativement à la masse totale du sang.

Le sang (ou son sérum) neutralisent-ils physiologiquement la neurotoxine, dont l'action sur la respiration entraîne la mort par le venin d'Abeilles? Les Souris qui reçoivent sous la peau la dose mortelle de venin d'Abeilles additionnée de son volume de sérum de Hérisson (chauffé à 56° pendant 15 minutes pour en détruire la toxicité propre) présentent tous les symptômes de l'intoxication par le venin d'Abeilles, mais toutefois guérissent, alors que les témoins succombent dans les délais usuels. Cette action protectrice s'exerce vraisemblablement avec plus d'ampleur *in vivo*, dans une masse sanguine plus grande et d'apport sans cesse renouvelé.

L'immunité focale paraît être d'ordre purement cytologique.

La séance est levée à $15^{h}55^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 15 octobre 1934.)

Note de M. *Auguste Rousset*, Étude expérimentale de l'opalescence critique des mélanges binaires :

Page 718, ligne 9, *au lieu de* valeur 9, *lire* valeur 4.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 OCTOBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès du R. P. **Bonaventure Berloty**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, fondateur et ancien directeur de l'Observatoire de Ksara (République Libanienne).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le spin du photon.*
Note de MM. **Louis de Broglie** et **Jacques Winter**.

On sait que l'équation de Dirac pour un corpuscule de spin 1/2, en l'absence de champ, est

$$(1)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\Psi}{\partial t}=\left[\alpha_1\frac{\partial}{\partial x}+\alpha_2\frac{\partial}{\partial y}+\alpha_3\frac{\partial}{\partial z}+\varkappa\mu_0 c\alpha_4\right]\Psi\qquad\left(\varkappa=\frac{2\pi i}{h}\right).$$

Les α_i satisfont aux relations bien connues

$$(2)\qquad \alpha_i\alpha_j+\alpha_j\alpha_i=\delta_{ij}.$$

Pour le corpuscule complémentaire, l'équation d'ondes s'écrit (¹) :

$$(3)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t}=\left(\beta_1\frac{\partial}{\partial x}+\beta_2\frac{\partial}{\partial y}+\beta_3\frac{\partial}{\partial z}+\varkappa\mu_0 c\beta_4\right)\varphi$$

avec

$$(4)\qquad \beta_i=-(-1)^i\alpha_i\qquad(i=1,2,3,4).$$

(¹) Voir Louis de Broglie, *Une nouvelle conception de la lumière*, Paris, 1934.

Partant de là, l'un de nous (¹) a proposé comme équation d'ondes du photon une équation que l'on peut écrire sous la forme suivante :

$$(5)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\Phi}{\partial t} = \left[(A_1+B_1)\frac{\partial}{\partial x} + (A_2+B_2)\frac{\partial}{\partial y} + (A_3+B_3)\frac{\partial}{\partial z} + 2\varkappa\mu_0 c(A_4+B_4)\right]\Phi$$

avec les définitions

$$(6)\qquad (A_i)_{kl,mn} = \frac{1}{2}(\alpha_i)_{km}\delta_{ln}, \qquad (B_i)_{kl,mn} = \frac{1}{2}\delta_{km}(\beta_i)_{ln}.$$

Dans ces définitions, on voit que les A_i et les B_i sont des matrices qui s'obtiennent (abstraction faite du facteur $1/2$) à partir des α_i et des β_i par l'opération de fusion (Verschmelzung) définie par MM. Born et Jordan dans leur Traité classique (²).

Les A et les B possèdent les propriétés suivantes :

1° les A commutent avec les B;

2° A_i anticommute avec A_j et B_i anticommute avec B_j;

3° on a $A_i^2 = 1/4\,1$ et $B_i^2 = 1/4\,1$;

4° (A_1+B_1) ne commute pas avec (A_2+B_2), mais

$$(A_1+B_1)(A_2+B_2) - (A_2+B_2)(A_1+B_1)$$

commute avec (A_3+B_3) et avec (A_4+B_4).

Tout ceci rappelé, nous voulons démontrer que l'opérateur $M_z + N_z$, défini par

$$(7)\qquad \begin{cases} M_z = \dfrac{h}{2\pi i}\left(y\dfrac{\partial}{\partial x} - x\dfrac{\partial}{\partial y}\right), \\ N_z = -\dfrac{h}{2\pi i}[(A_1+B_1)(A_2+B_2) - (A_2+B_2)(A_1+B_1)], \end{cases}$$

est une intégrale première pour le mouvement du photon. Pour cela (³), il faut montrer que $M_z + N_z$ commute avec l'Hamiltonien H du photon

$$(8)\qquad H = \varkappa\left[(A_1+B_1)\frac{\partial}{\partial x} + (A_2+B_2)\frac{\partial}{\partial y} + (A_3+B_3)\frac{\partial}{\partial z} + 2\varkappa\mu_0 c(A_4+B_4)\right].$$

On trouve d'abord aisément

$$(9)\qquad HM_z - M_z H = \frac{h^2}{4\pi^2}\left[(A_2+B_2)\frac{\partial}{\partial x} - (A_1+B_1)\frac{\partial}{\partial y}\right].$$

(¹) Louis de Broglie, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 445.

(²) Born et Jordan, *Elementare Quantenmechanik*, Berlin, 1930, p. 75.

(³) Voir Louis de Broglie, *L'électron magnétique*, Paris, 1934, p. 202, 203.

Si nous formons ensuite $HN_z - N_zH$, nous voyons que le terme en $\partial/\partial z$ est nul en vertu de la propriété 4° ci-dessus énoncée.

Pour le terme en $\partial/\partial x$ nous trouvons

$$(10)\qquad -\frac{h^2}{4\pi^2}\{(A_1+B_1)[(A_1+B_1)(A_2+B_2)-(A_2+B_2)(A_1+B_1)] \\ -[(A_1+B_1)(A_2+B_2)-(A_2+B_2)(A_1+B_1)](A_1+B_1)\},$$

ce qui, compte tenu des propriétés des A et des B, se réduit à

$$(11)\qquad -\frac{h^2}{4\pi^2}(A_2+B_2)\frac{\partial}{\partial x}.$$

Calculant de même le terme en $\partial/\partial y$, on trouve finalement

$$(12)\qquad HN_z - N_zH = -\frac{h^2}{4\pi^2}\left[(A_2+B_2)\frac{\partial}{\partial x}-(A_1+B_1)\frac{\partial}{\partial y}\right] = -(HM_z - M_zH).$$

C. Q. F. D.

L'opérateur N_z donnée par (7) correspond donc à la composante z du spin du photon. On obtient les composantes N_x et N_y de ce spin à partir de celle de N_z par permutation circulaire sur les indices 1, 2, 3.

Nous allons maintenant former la valeur moyenne de N_z qui est par définition

$$(13)\qquad \overline{N}_z = \sum_{kl,mn} \Phi^*_{kl}(N_z)_{kl,mn}\Phi_{mn}.$$

On a d'abord

$$(14)\qquad (N_z)_{kl,mn} = -\frac{h}{2\pi i}\frac{1}{4}\sum_{op}\{[(\alpha_1)_{ko}\delta_{lp}+(\alpha_1)_{lp}\delta_{ko}][(\alpha_2)_{om}\delta_{pn}-(\alpha_2)_{pn}\delta_{om}] \\ -[(\alpha_2)_{ko}\delta_{lp}-(\alpha_2)_{lp}\delta_{ko}][(\alpha_1)_{om}\delta_{pn}+(\alpha_1)_{pn}\delta_{om}]\} \\ = \frac{h}{4\pi}[(i\alpha_1\alpha_2)_{km}\delta_{ln}-(i\alpha_1\alpha_2)_{ln}\delta_{km}],$$

parce que les α anticommutent.

D'où l'on tire

$$(15)\qquad \overline{N}_z = \frac{h}{4\pi}\sum_{klmn}\Phi^*_{kl}[(i\alpha_1\alpha_2)_{km}\ \delta_{ln}-(i\alpha_1\alpha_2)_{ln}\ \delta_{km}]\Phi_{mn} \\ = \frac{h}{4\pi}\sum_{klm}\Phi^*_{kl}[(i\alpha_1\alpha_2)_{km}\Phi_{ml}-(i\alpha_1\alpha_2)_{lm}\Phi_{km}].$$

Or on a

$$(16)\qquad (i\alpha_1\alpha_2)_{km} = -(-1)^k\delta_{km}.$$

Donc, enfin,

$$(17)\qquad \overline{N}_z = \frac{h}{4\pi}\sum_{kl}\Phi^*_{kl}[(-1)^l-(-1)^k]\Phi_{kl}.$$

Il résulte de cette formule qu'aux Φ_{kl}, dont les deux indices sont de même parité, correspondent des termes nuls dans la somme Σ, c'est-à-dire qu'à ces Φ_{kl} correspond le spin o. De même, on voit qu'aux Φ_{kl}, dont les indices sont de parités différentes, le premier étant pair, correspond le spin $-h/2\pi$. Enfin, aux Φ_{kl}, dont les indices sont de parités différentes, le premier étant impair, correspond le spin $+h/2\pi$. Nous retrouvons bien ainsi les résultats annoncés par l'un de nous dans la Note citée plus haut.

M. **Paul Marchal** fait hommage à l'Académie de son Mémoire sur *Les Aphides de l'Orme et leurs migrations*.

En faisant hommage à l'Académie de la brochure relatant la *Remise de la croix de la Légion d'honneur à l'École nationale des Ponts et Chaussées par M. le Président de la République*, brochure contenant le discours qu'il a lui-même prononcé, à la demande de M. le Directeur de l'École, sur *les Ponts et Chaussées à l'Institut*, M. **d'Ocagne** signale que cette liste comprend trente-neuf noms, dont un à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, trois à l'Académie des Beaux-Arts, quatre à l'Académie des Sciences morales et politiques et trente et un à l'Académie des Sciences. Parmi ces derniers, il s'en trouve un, Biot, qui figure en outre à l'Académie française et aux Inscriptions.

Deux seulement de ces membres de l'Institut ont appartenu au corps des Ponts et Chaussées d'avant son recrutement par l'École Polytechnique, savoir : Prony et Pierre-Simon Girard. Les trente-sept autres sont d'origine polytechnicienne. Les plus illustres d'entre eux ont été Cauchy, Fresnel et Gay-Lussac. Le premier, avant de se consacrer uniquement à la recherche scientifique, s'était distingué, de 1805 à 1810, en collaborant à la construction des ouvrages du port militaire de Cherbourg. On sait assez la part brillante que le second a prise, comme ingénieur, au perfectionnement des appareils lumineux utilisés dans les phares.

Quant au troisième, lorsqu'il a, en 1802, publié son célèbre Mémoire sur la dilatation des gaz et des vapeurs (*Annales de Chimie*, 43, p. 137), il a fait suivre son nom de ce simple titre : « Élève-ingénieur à l'École nationale des Ponts et Chaussées ».

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Th. Got. *Domaines fondamentaux des groupes fuchsiens et automorphes* (fascicule LXVIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*). (Présenté par M. E. Cartan.)

2° G. Portevin. *Histoire naturelle des Coléoptères de France*. Tome III. Polyphaga : *Heteromera*, *Phytophaga*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la valeur la plus précise d'une distribution* (¹). Note de M. **Henri Eyraud**, présentée par M. Hadamard.

Soient une grandeur aléatoire continue, $u(x)$ sa fonction de probabilité totale. On pose

$$v(x) = 1 - u(x). \tag{1}$$

Prenons au hasard n déterminations de la grandeur et rangeons-les par ordre de grandeur non décroissante

$$x_1 \leqq x_2 \leqq x_3 \leqq \ldots \leqq x_r \leqq \ldots \leqq x_n; \tag{2}$$

cherchons la fonction de probabilité totale de la $(r+1)^{\text{ième}}$ valeur. Posons

$$s = n - r - 1. \tag{3}$$

Cette fonction de probabilité sera

$$V_{rs}(x) = \int_0^u \frac{n!}{r!\,s!} u^r v^s \, du. \tag{4}$$

Pour n très grand, et r, s du même ordre que n, cette fonction correspond à une distribution de Gauss.

L'intégrale du deuxième membre de (4) admet un terme principal, c'est

(¹) A citer, dans des ordres d'idées analogues, les Notes de MM. Haag (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1388) et Gumbel (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 965).

celui pour lequel on a

$$\frac{r}{u} = \frac{s}{v} = n - 1. \tag{5}$$

Posons donc

$$\begin{cases} r = (n-1)u_0, \\ s = (n-1)v_0; \end{cases} \tag{6}$$

$$u = u_0 + \sqrt{\frac{u_0 v_0}{n}}\lambda, \tag{7}$$

et portons dans (4). On obtient, pour n infini,

$$U = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\lambda} e^{-\frac{1}{2}\lambda^2} d\lambda, \tag{8}$$

c'est-à-dire une loi de Gauss relativement à λ.

Si x_0 est la valeur de x pour $u = u_0$, on a, en admettant la validité du développement de Taylor dans son voisinage,

$$u - u_0 = (x - x_0) u'_0 + \ldots, \tag{9}$$

ce qui donne, en première approximation,

$$x = x_0 + \sqrt{\frac{u_0 v_0}{n}} \frac{\lambda}{u'_0}, \tag{10}$$

l'écart type de la $(r+1)^{\text{ième}}$ valeur est donc

$$\mu = \frac{1}{u'_0} \sqrt{\frac{u_0 v_0}{n}}, \tag{11}$$

son inverse mesurera la « précision » de la $(r+1)^{\text{ième}}$ valeur.

La précision est maximum lorsque le rapport

$$\frac{|u'_0|}{\sqrt{u_0 v_0}} \text{ est maximum} \tag{12}$$

pendant que la valeur dominante (c'est-à-dire de probabilité élémentaire maxima) est solution de

$$u''(x) = 0$$

et que la valeur centrale (celle qu'on a autant de chances de dépasser que de ne pas dépasser) rend maximum le produit uv.

Il peut arriver que la précision soit uniforme sur toute l'étendue de la

distribution. La fonction u vérifie alors l'équation différentielle

$$\frac{du}{dx} = \frac{1}{\mu}\sqrt{u(1-u)}. \tag{13}$$

Cas où s est d'ordre inférieur à n. — On pose, à la place de (7) :

$$u = u_0 + \frac{\lambda\sqrt{s+1}}{n} \tag{14}$$

et (8) est remplacée par

$$U = \frac{s^s e^{-s}}{s!}\sqrt{s+1}\int_{\infty}^{\zeta} e^{\lambda\sqrt{s+1}}\left(1 - \frac{\lambda\sqrt{s+1}}{s}\right)^s d\lambda. \tag{15}$$

On vérifie aisément que λ est une variable aléatoire d'écart type unité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les propriétés générales concernant, en un point singulier d'un champ compact, la répartition des limites.* Note (¹) de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

L'étude d'une fonction analytique $Z = X + iY$ de la variable $z = x + iy$, en précisant les caractères de Z autour d'un point singulier isolé, a dégagé la distinction fondamentale entre pôles et points essentiels. Les résultats peuvent être énoncés en ayant égard à l'une des fonctions harmoniques conjuguées X ou Y. En considérant ensuite dans le champ réel les fonctions harmoniques à n variables et leurs singularités, apparaissent des propriétés généralisant celles des pôles et des points essentiels obtenus pour $n = 2$. Cette distinction s'étend encore à des classes de fonctions plus vastes (²). Les résultats de ce genre appellent dans l'étude des singularités une coordination meilleure, conduite avec le souci de restreindre progressivement le champ d'invariance des propriétés à établir. C'est pourquoi, au lieu de s'en tenir aux singularités de champs scalaires, il importe de grouper les résultats concernant des champs d'une nature plus générale, dans un esprit voisin des travaux de M. Maurice Fréchet.

Le problème peut se subdiviser en deux parties bien distinctes :

1° Étude de la répartition des limites en un point singulier;

2° Étude des rapidités de croissance autour d'un tel point.

(¹) Séance du 22 octobre 1934.

(²) G. Bouligand, *Ann. Éc. Norm. sup.*, 3ᵉ série, 48, 1931, p. 95-152. Voir en outre *Bull. Ac. polon. des Sc.*, 44, 1933, p. 11-17.

Dans la présente Note, nous envisagerons des hypothèses telles que la première seule de ces questions soit mise en cause.

Soient donnés et distanciés deux ensembles ponctuels E, F, avec une loi $P = \Lambda(M)$ menant d'un point M de E à un point P de F. Relativement à une propriété Π de Λ, exprimable sans recourir aux points de E dont la distance à M_0 (du dérivé de E) dépasse ε arbitraire, M_0 sera dit *régulier* ou *singulier* suivant que Π a lieu ou non en M_0. Si on liait à M un ensemble de points de F, la correspondance serait multiforme, sauf aux points de E réguliers quant à l'uniformité. En cas d'uniformité, en supposant E ouvert et prélevant E, F dans deux espaces euclidiens à n dimensions, Π peut être le fait, pour P, d'être point intérieur de F, circonstance purement topologique [1]. Nous emprunterons des notions à la topologie restreinte du premier ordre [ou $(t.r)_1$]. Prenant E ouvert connexe (= domaine) dans un équivalent suivant $(t.r)_1$ de l'espace euclidien R_n (auquel nous nous ramenons) et F compact en soi [2], nous dirons qu'alors Λ est un *champ* compact, que nous allons étudier autour d'un point frontière M_0 de E [3].

Chaque demi-tangente M_0T de E donne une collection f de points de F, limites de transformés P_i de points M_i de E tendant vers M_0 sans demi-tangente autre que M_0T; fermée sur M_0T, cette f possède la semi-continuité supérieure d'inclusion sur le contingent de E en M_0 (d'où la continuité de f sur une demi-tangente ne donnant qu'un élément limite). Dans l'espace composé (R_n, F), le système des (M_0T, f) est donc fermé. Le contingent en M_0 d'une figure de niveau, formée des points M ayant une même image, est l'ensemble des M_0T dont la f contient cette image. Si f n'a qu'un élément pour chaque M_0T, les contingents de deux figures de niveau distinctes sont disjoints.

La propriété Π d'uniformité et continuité de Λ étant réalisée sur E, soit le cas où E inclut tout point M pris dans un domaine ϖ angulaire $(n = 2)$ ou conique $(n > 2)$ de sommet M_0, avec $M_0M < 1$. Soit ϖ_i le domaine formé des points de ϖ, dont les distances à M_0 sont comprises entre les $i^{\text{ième}}$ et $(i+1)^{\text{ième}}$ termes d'une suite décroissante évanescente; et dans R_n,

---

(1) Cf. Stoïlow, *Ann. Inst. H. Poincaré*, **2**, 1932, p. 233-266; *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, **45**, 1928, p. 347-382.

(2) On pourra supposer que F est un espace euclidien illimité en y adjoignant le point à l'infini et adoptant une distance qui reste bornée.

(3) En particulier, il pourra se faire que $M_0 + E$ soit lui-même un domaine, autrement dit que M_0 soit point singulier isolé.

soit S la sphère unitaire de centre M_0. Dans l'espace (R_n, F), considérons l'ensemble représentant Λ; ses portions projetées sur R_n suivant les ϖ_i sont des continus, projetés orthographiquement sur (S, F) suivant des continus c_i. L'ensemble d'accumulation des c_i s'obtient en composant, avec un point T de la section s de ϖ par S, la f correspondante, formée des limites provenant de M_0T. Pour que l'ensemble des (M_0T, f) soit continu, il suffit que l'ensemble limite des c_i ait au moins un point, ce qui est, si la f d'une M_0T non extérieure à ϖ se réduit à un seul point de F. S'il en est ainsi pour chacune de ces M_0T, les c_i tendent uniformément vers une variété de (S, F), liée biunivoquement à sa projection s sur S ([1]); si, de plus, Λ est scalaire ou vectoriel, il diffère d'un champ continu sur s, constant sur chaque M_0T, par un champ qui, en M_0, est continu et nul ([2]).

Telles sont les propriétés découlant de nos hypothèses très générales. Pour voir intervenir des rapidités de croissance, nous envisagerons d'autres ensembles E_1, déduits, par composition, d'un ensemble compact en soi et d'un axe indéfini. En restituant à ces ensembles E_1, par une définition convenable de la distance, le caractère d'ensembles compacts en eux-mêmes, nous pourrons appliquer, quant à la répartition des limites, tout ce qui précède.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les problèmes mixtes dans l'espace hétérogène. Équation de la chaleur à n dimensions.* Note de M. **Hermann Müntz**, présentée par M. Hadamard.

En nous servant des symboles connus du calcul tensoriel, prenons l'équation généralisée de la chaleur

$$(1) \qquad u_t = g^{kl} u_{k;l} + h^m u_m + ju \qquad \left(u_t = \frac{\partial u}{\partial t},\ u_m = \frac{\partial u}{\partial x^m}\right),$$

où les g^{kl}, h^m et j sont des fonctions du point $X \equiv (X^1, \ldots, X^n)$.

Il s'agit d'abord de chercher la solution (régulière) du problème de

---

([1]) G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1932, p. 157-160.

([2]) La confusion de f avec une collection analogue formée sans considérer toutes nos suites de points M_i, mais seulement certaines d'entre elles, soulève des paradoxes comme celui des fonctions entières tendant vers zéro le long de chaque droite issue d'un point.

Laplace pour cette équation, étant donné les valeurs initiales $f(X)$. Nous allons trouver cette solution sous la forme fonctionnelle pour tout l'espace

$$(2) \qquad u \equiv u(X; t) = \int \cdots \int V(\zeta; X, t) f(\zeta)\, d\zeta,$$

où $d\zeta$ désigne l'élément invariant du volume (les g_{kl} définissant la métrique riemannienne).

Pour la détermination du noyau scalaire V, expression de l'action d'une source au point ζ sur le point X, introduisons, pour chaque pôle ζ, les coordonnées spéciales suivantes. Menons, de ce point, des géodésiques dans toutes les directions et choisissons, dans le réseau obtenu, n directions orthogonales quelconques. Chaque géodésique du réseau forme au pôle, avec ces directions, n angles $\theta^1, \ldots, \theta^n$, définis comme invariants scalaires d'une manière connue, et l'on aura identiquement

$$\cos^2\theta_1 + \ldots + \cos^2\theta^n = 1.$$

Chaque point X d'un domaine D_ξ au voisinage du pôle sera situé sur une seule telle géodésique à une distance riemannienne r et nous prendrons pour les coordonnées de ce point par rapport au pôle ζ les quantités

$$(3) \quad x^1 = r\cos\theta^1, \;\ldots,\; x^n = r\cos\theta^n; \qquad x^m \equiv x^m(\zeta, X) \qquad (x'^2 + \ldots + x^{n^2} = r^2).$$

Envisageons dans ce système deux points variables

$$X(x^1, \ldots, x^n) \quad \text{et} \quad A(\alpha^1, \ldots, \alpha^n)$$

et définissons, comme distance (invariante) $\rho \equiv \rho(\xi; X, A)$ de X et A par rapport au pôle ζ'', l'expression

$$\rho = \sqrt{(x^1 - \alpha^1)^2 + \ldots + (x^n - \alpha^n)^2}.$$

Sans restriction essentielle, nous pouvons supposer que le domaine D_ξ couvre toujours l'espace entier.

Si l'on transforme l'équation donnée aux nouvelles variables x^m, on obtient une équation analogue, dans laquelle tous les coefficients dépendent des x^m et des paramètres ξ^m, coordonnées du pôle dans un système fixe. Écrivons cette équation sous la forme suivante, où δ^{kl} est (d'une façon non tensorielle) le symbole de Kronecker égal à 1 pour $l = k$ et à 0 pour $l \neq k$, et Δ désigne l'opérateur classique de Laplace

$$(4) \quad U_t - \Delta u = [g^{kl}(\xi, x) - \delta^{kl}]\, u_{kl} + h^m_*(\xi, x)\, u_m + j(\xi, x)\, u \equiv A[u(\xi, x)],$$

$$u_{kl} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^k\, dx^l};$$

d'ailleurs les h^m_* (fonctions connues) perdent ici, comme les δ^{kl}, la forme tensorielle.

Le noyau cherché V sera la solution de l'équation intégrodifférentielle suivante, qui est, au fond, du type Volterra :

$$(5)\qquad V(\xi, x, t) = \frac{1}{2^n\sqrt{\pi^n t^n}} e^{-\frac{r^2}{4t}} + \int_0^t \frac{d\tau}{2^n\sqrt{\pi^n(t-\tau)^n}} \times \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{\rho^2}{4(t-\tau)}} \Lambda[V(\xi, \alpha, \tau)]\, d\alpha_1 \ldots d\alpha^n.$$

La démonstration repose sur le fait fondamental que la solution de l'équation classique de la chaleur à n dimensions avec second membre

$$u_t - \Delta u = q(x, t),$$

s'annulant pour $t = 0$, est donnée par la formule

$$u = \int_0^t \frac{d\tau}{2^n\sqrt{\pi^n(t-\tau)^n}} \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{\rho^2}{4(t-\tau)}} q(\alpha, \tau)\, d\alpha^1 \ldots d\alpha^n,$$

d'après laquelle la vérification de notre résultat se fera sans difficulté.

Pour résoudre l'équation (5), on déduira d'elle, pour l'expression $\Lambda[V(\xi, \chi, t)]$, une équation intégrale de Volterra, dont la résolutiou se fera comme d'habitude; on substituera de suite le résultat, trouvé pour $\Lambda[V(\xi, \alpha, \tau)]$, dans (5). Il va sans dire qu'il faut imposer, dans tout ce qui précède, à toutes les fonctions données f, g^{kl}, h^m, j, q quelques restrictions générales, suffisantes pour la convergence de nos procédés.

Remarquons que le noyau obtenu V donne ici lieu, par la transformation de Laplace, à une fonction nouvelle

$$(6)\qquad W \equiv W(\xi, \chi, s) = \int_0^{\infty} e^{-st} V(\xi, \chi, t)\, dt.$$

W sera, à un facteur constant près, la fonction de Green pour l'équation

$$(7)\qquad sW = g^{kl} W_{k,l} + h^m W_m + jW,$$

s'annulant partout à l'infini. On déduira de (5), pour cette fonction une équation de Fredholm dont la résolution permet de trouver V par l'inversion connue de Cahen-Mellin.

Or la connaissance seule du noyau $V(\zeta; X, t)$ permet de résoudre le problème mixte : valeurs initiales données et valeurs données (stationnaires

ou non) aux limites en question. La méthode, développée pour ce but par E. E. Levi (¹) et l'auteur (²) pour le cas ordinaire de l'espace homogène, s'appliquera presque textuellement de nouveau.

On peut généraliser la méthode donnée en haut pour le cas des g, h, j non stationnaires en utilisant la métrique $g_{kl}(t)$, rapportée à un temps t variable. Le cas des limites mobiles se ramène au précédent par une transformation convenable des coordonnées X, dépendant du temps comme paramètre.

Les résultats énoncés se simplifient naturellement beaucoup pour $n = 1$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude des interactions en courant plan pour des ailes sustentatrices en tandem. Application au cas d'une aile principale associée avec une très petite aile auxiliaire avant.* Note de M. **Albert Toussaint**, présentée par M. Henri Villat.

Une cellule comportant des ailes sustentatrices en tandem peut être considérée comme un cas particulier des cellules multiplanes, dont les interactions au point de vue des composantes sustentatrices peuvent être calculées comme il a été exposé dans une précédente Note (³).

Nous appliquerons cette méthode de calcul au cas des cellules biplanes en tandem (entreplan nul et décalage variable); les ailes constitutives (1) et (2) ayant des cordes inégales l_1 et l_2; l'aile arrière (1) ayant une interinclinaison ε par rapport à l'aile avant (2).

Pour le calcul de la circulation résultante Γ_2 sur l'aile (2), nous aurons à considérer la composante normale $v^{B'}_{(1-2)}$ produite en B' $(x_2 = -l_2/4)$ du profil (2), par le système de remplacement de l'aile (1), situé en Ω_1, tel que

$$O_2\Omega_1 = b_2 = \frac{d}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{l_2^2}{4d^2}}\right).$$

Et de même, pour la circulation Γ_1, nous utiliserons $v^{B'}_{(2-1)}$ produite en $x_1 = -l_1/4$ par le système remplaçant l'aile (2), situé en Ω_2, tel que

$$O_1\Omega_2 = b_1 = \frac{d}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{l_1^2}{4d^2}}\right).$$

(¹) *Annali di Matem.*, 3ᵉ série, **14**, 1908, p. 187.
(²) *Math. Zeitschrift*, **38**, 1934, p. 323.
(³) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 700.

$O_1O_2 = d$ étant le décalage ou écartement du tandem mesuré entre les centres O_1 et O_2 des profils (1) et (2). En outre, on a

$$\delta = \delta' = \frac{\pi}{2}$$

et, avec une suffisante approximation quand ε est modéré, on a aussi

$$\delta'' \cong \frac{\pi}{2}.$$

Dans ces conditions, on trouve

$$\frac{\Gamma_2}{\pi V_0 l_2(1+\eta e)}(D) = \alpha\left\{1 + 2\frac{l_1}{l_2}\frac{(1+\eta e)}{B_2}\left[1 + \frac{l_1}{l_2 B_2} + 2\frac{l_2^2}{l_1^2}\frac{(1+\eta e)}{B_1^2}\right]\right\} + \varepsilon . 2\frac{l_1}{l_2}\frac{(1+\eta e)}{B_1}\left(1 + \frac{l_1}{l_2 B_2}\right),$$

$$\frac{\Gamma_1}{\pi V_0 l_1(1+\eta e)}(D) = \alpha\left\{1 - 2\frac{l_2}{l_1}\frac{(1+\eta e)}{B_1}\left[1 - \frac{l_2}{l_1 B_1} + 2\frac{l_1^2}{l_2^2}\frac{(1+\eta e)}{B_2^2}\right]\right\} + \varepsilon\left(1 - 4\frac{l_1}{l_2}\frac{1+2\eta e}{B_1 B_2^2}\right).$$

avec

$$D = \left(1 + \frac{4(1+2\eta e)}{B_1 B_2}\right); \qquad B_2 = 4\left(\frac{b_2}{l_2} - \frac{1}{4}\right); \qquad B_1 = 4\left(\frac{b_1}{l_1} + \frac{1}{4}\right).$$

On en déduit

$$C_{y_2} = \frac{2\Gamma_2}{V_0 l_2}\left(1 + \frac{u}{V_0}\right)_{(1-2)} \qquad \text{et} \qquad C_{y_1} = \frac{2\Gamma_1}{V_0 l_1}\left(1 + \frac{u}{V_0}\right)_{(2-1)},$$

avec

$$\left(1 - \frac{u}{V_0}\right)_{(1-2)} = 1 - 32(\eta e)\frac{l_1^2 d^2}{(B_2 l_2)^4} \qquad \text{et} \qquad \left(1 + \frac{u}{V_0}\right)_{(2-1)} = 1 - 32(\eta e)\frac{l_2^2 d^2}{(B_1 l_1)^4}.$$

Dans le cas d'une interinclinaison nulle, l'interaction pour $\alpha = 0$ est également nulle.

Nous avons appliqué les formules précédentes au cas d'une aile sustentatrice principale associée avec une très petite aile auxiliaire placée à distance modérée en avant de l'aile principale. Cette disposition s'est révélée favorable comme dispositif hypersustentateur.

Les caractéristiques de la cellule ainsi constituée étaient : Aile principale (1) : profil Clark Y ; corde : $l_1 = 6,9 l_2$; écartement :

$$O_1O_2 = d = 0,73 l_1 = 5,05 l_2 ;$$

Aile auxiliaire : profil Joukowski ; $l_2 = 0,145 l_1$; interinclinaison : $\varepsilon = -3°,50$; épaisseur max. : $e = 0,13$, d'où $\eta e \cong 0,10$.

Le calcul donne

$$C_{y_2} = 0,227\alpha_2^0 + 0,117\varepsilon^0 \qquad \text{et} \qquad C_{y_1} = 0,100\alpha_2^0 + 0,110\varepsilon^0.$$

On en déduit les coefficients unitaires $C_y(t)$ pour l'ensemble des deux ailes, en prenant comme surface de référence l'aile principale, on a

$$C_y(t) = C_{y_2}\frac{l_2}{l_1} + C_{y_1} = 0,133\alpha^0 + 0,127\varepsilon^0.$$

Les résultats calculés et les valeurs expérimentales obtenues en courant plan sont comparées dans le tableau ci-dessous :

	Aile auxiliaire en présence de l'aile principale.		Ensemble des 2 ailes.	
	Calculé.	Mesuré.	Calculé.	Mesuré.
Pentes $dC_y/d\alpha^0$..........	0,227	0,186	0,133	0,118
100 C_y pour $\alpha_2 = 0$......	−41	−37	−44,5	−32
i pour $C_y = 0$...........	−6°,2	−6°	−4°,7	−5°,4

Les pentes expérimentales et théoriques pour les incidences usuelles sont dans le rapport moyen 0,85, chiffre voisin du rapport des portances expérimentales et théoriques pour une *aile isolée* en courant plan. Donc les calculs précédents comportent une approximation du même ordre que celle de la théorie de Kutta-Joukowski pour les ailes isolées.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la propagation d'une onde solitaire dans un canal réduit, à section trapézoïdale.* Note [1] de M. **Hégly**, transmise par M. André Blondel. (Extrait.)

Ayant construit au laboratoire d'hydraulique fluviale de Metz un canal en terre de section trapézoïdale reproduisant, à l'échelle de 1/10e, les dimensions de deux biefs, séparés par une écluse à grande chute, d'un canal des Voies navigables du Nord [2], il nous a semblé intéressant de reproduire, en cette année 1934, l'expérience célèbre de J. S. Russell (1834) sur l'onde solitaire [3] et de l'étudier.

---

[1] Séance du 1er octobre 1934.

[2] Dans le but de fournir à l'ingénieur en chef de ce service, M. Héduy, des éléments expérimentaux au sujet de l'effet produit sur les bateaux par les manœuvres de remplissage ou de vidange d'une écluse à grande chute.

[3] Le premier Mémoire de John Scott Russell (il en y eut un second en 1845) a été traduit dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (2e semestre, 1837, p. 143). H. Bazin a fait de l'onde solitaire une étude plus complète (*Recherches hydrauliques*, seconde Partie).

Le bief amont de notre canal en modèle réduit a $113^m,15$ de longueur; sa section est un trapèze régulier de $1^m,60$ de base, avec des talus à 1^m de hauteur pour 2^m de base, et une hauteur d'eau normale de 260^{mm}, représentant par conséquent une profondeur de $2^m,60$ sur le canal réel. Un batelet ayant $6^m,50$ de longueur et $0^m,80$ de largeur y circule avec des chargements variables. Placé près de la tête amont de l'écluse, puis tiré à bras sur une longueur de 20^m avec des vitesses qui ont varié de $0^m,30$ à $1^m,33$ par seconde, il fut arrêté brusquement. L'onde produite fut enregistrée sur un limnigraphe placé au milieu du bief, c'est-à-dire à environ 55^m en amont du point de départ du batelet et 35^m en amont du point d'arrêt, distances comptées à partir de la poupe du batelet.

Une première série de 8 expériences fut faite avec un enregistreur faisant un tour en 52 minutes; elle a fourni des diagrammes très nets montrant des ondes positives, d'une hauteur initiale de 12 à 27^{mm} suivant la vitesse de marche du batelet; ces ondes étaient suivies immédiatement d'une dépression d'égale amplitude; elles ont pu être observées à chaque expérience pendant une durée de 13 minutes; pendant laquelle, après plusieurs réflexions de l'onde aux extrémités du bief, elle avait parcouru environ 900^m; ce qui correspondrait à 9^{km} dans le canal réel, où les hauteurs de l'onde auraient varié de 12 à 27^{cm}, si ces hauteurs sont proportionnelles au rapport de similitude géométrique.

Mais, entre le premier et le deuxième passage de l'onde à l'enrégistreur, il se produit dans la dépression qui la suit immédiatement une agitation tumultueuse, que les diagrammes de cette première série ne pouvaient expliquer. C'est pourquoi nous avons exécuté une deuxième série de cinq expériences avec un enregistreur quatre fois plus rapide, c'est-à-dire faisant un tour en 13 minutes, ce qui a multiplié par quatre l'espace d'enregistrement des phénomènes produits entre les deux premiers passages de l'onde. On a pu ainsi se rendre compte de ce qui se passe dans l'intervalle. L'onde positive qui apparaît au début est produite par la mise en marche du batelet; elle se propage à une vitesse de $1^m,50$ environ par seconde, due uniquement à la profondeur de l'eau dans le bief. A l'arrêt brusque du bateau, il se produit une forte dépression, qui apparaît à l'enregistreur sous la forme d'une onde négative qui remonte peu à peu et par saccades au niveau de l'eau dans le bief, jusqu'au moment où revient l'onde positive initiale qui est allée se réfléchir à la tête amont du bief. Ces oscillations de la surface de l'eau entre les sommets successifs de l'onde, observées à l'enregistreur, c'est-à-dire au milieu du bief, se maintiennent longtemps et

s'enregistrent encore nettement entre les 2ᵉ, 3ᵉ, 4ᵉ et 5ᵉ passages de l'onde, en se réfléchissant successivement aux deux têtes du bief; l'ordre dans lequel elles se propagent n'a pas été altéré; leur amplitude a seulement été diminuée, pour venir s'éteindre en même temps que l'onde positive initiale.

Après l'exécution des deux séries, nous avons pu déterminer, par l'examen des diagrammes recueillis, la vitesse de propagation de l'onde observée. Il fallait, ainsi que Bazin l'a montré, remplacer la hauteur H de la formule classique $v = \sqrt{g(H+h)}$, puisqu'il s'agissait d'un canal de forme trapézoïdale, par une hauteur réduite calculée en divisant la section droite du bief à sa retenue normale par la largeur du plan d'eau; quant à h, nous avons pris la hauteur de l'onde positive au-dessus du plan d'eau donnée par les diagrammes, sans tenir compte de la valeur de la dépression qui suit l'apparition de l'onde. Nous avons trouvé, en faisant la moyenne des vitesses pour les quatre premiers intervalles des ondes figurées aux diagrammes :

	Vitesses par seconde	
	calculées.	observées.
Première série de 8 expériences	$1^{m},474$	$1^{m},454$
Deuxième série de 5 expériences	$1^{m},469$	$1^{m},475$

La correspondance est aussi satisfaisante que possible.

La hauteur d'eau dans le bief différait peu de 274^{mm}, soit une hauteur réduite de 214^{mm}. D'un passage de l'onde au suivant, la vitesse de propagation diminuait légèrement par suite de l'abaissement du sommet de l'onde, pour tendre vers la valeur $1^{m},449$ correspondant à la vitesse dans un canal de 274^{mm} de profondeur, où la hauteur de l'onde serait à peu près nulle.

Ainsi que l'avait constaté J. Russell, la vitesse de l'onde n'a pas dépendu de la vitesse de marche du batelet, qui a varié dans d'assez grandes proportions; ces variations n'ont eu pour effet que de modifier la hauteur h de l'onde initiale, sans altérer sensiblement la vitesse de propagation.

AÉRODYNAMIQUE. — *Couple de frottement auquel est soumis un disque tournant dans l'air.* Note [1] de M. **Edmond Brun**, présentée par M. Charles Fabry.

Les mesures ici décrites présentent la particularité d'être effectuées à l'air indéfini et avec un disque d'un grand diamètre (1^m).

Un disque d'aluminium de 1^{mm} d'épaisseur (le frottement sur la jante est très faible), tourne à vitesse constante. Le courant du moteur est coupé (à la fois dans l'induit et dans l'inducteur pour rendre faibles les effets d'induction) et l'on étudie le ralentissement du moteur au moyen d'un tachymètre enregistreur. En dérivant la courbe $\omega = f(t)$ qui donne la vitesse angulaire ω en fonction du temps t, on connaît l'accélération angulaire $d\omega/dt$, en fonction de la vitesse angulaire ω. Ayant calculé le moment d'inertie I du disque, on détermine le couple de frottement $C = I\, d\omega/dt$ en fonction de ω.

En fait, il faut tenir compte également du couple résistant C_1 (dû aux frottements mécaniques et aux phénomènes d'induction) et du moment d'inertie I_1 (dû à l'induit du moteur) : l'équation complète du mouvement doit s'écrire

$$C + C_1 = (I + I_1)\frac{d\omega}{dt}.$$

Comme il est facile d'évaluer I_1 (en faisant osciller l'arbre sans le disque), l'étude de $d\omega/dt$ permet de connaître la fonction

$$C + C_1 = f(\omega).$$

L'étude du ralentissement sans le disque permet de déterminer la fonction

$$C_1 = f_1(\omega).$$

On a donc

$$C = f(\omega) - f_1(\omega),$$

Les mesures n'ont été faites qu'entre les nombres de Reynolds ($N = \omega R^2/\nu$) $2,5.10^5$ et 28.10^5, qui correspondent aux vitesses angulaires de 150 et de 1700 t/min, mais ce domaine est intéressant puisqu'il comprend le passage du régime dit laminaire (qui finit au nombre de Reynolds $2,5.10^5$, environ) au régime dit turbulent (qui commence vers le nombre

(1) Séance du 22 octobre 1934.

de Reynolds 8.10^5) et que les résultats des divers expérimentateurs [1] ne sont pas absolument d'accord en ce qui concerne cette région de transition.

Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus dans une série de mesures : nous y faisons figurer, comme il est d'usage, non la valeur du couple C, mais celle du coefficient non dimensionnel $K = C/\rho\omega^2 R^5$:

$N = \omega R^2/\nu$.	$K = C/\rho\omega^2 R^5$.	$N = \omega R^2/\nu$.	$K = C/\rho\omega^2 R^5$.
$2,62.10^5$	0,00883	$1,05.10^6$	0,00897
3,49 »	0,00906	1,39 »	0,00889
4,35 »	0,00904	1,85 »	0,00851
5,24 »	0,00929	2,10 »	0,00815
6,98 »	0,00949	2,595 »	0,00791
8,75 »	0,00918	2,625 »	0,00771

Les points du tableau précédent trouvent leur place, à 2 ou 3 pour 100 près, sur la courbe obtenue, par M. Barillon (*loc. cit.*), en milieu limité et avec un disque plus petit. Ce résultat justifie, dans le cas du disque tournant, la considération du nombre de Reynolds et celle de la couche limite.

La portion de graphique qui correspond aux huit premiers points du tableau est très plate de sorte qu'avant l'établissement du régime turbulent le couple est sensiblement proportionnel au carré de la vitesse. Les écarts des points expérimentaux avec la courbe, pour faibles qu'ils soient, ne permettent pas de dire si cette proportionnalité du couple au carré de la vitesse est rigoureuse (comme le trouve M. Riabouchinsky ou approchée (comme l'indique le graphique de M. Barillon).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Détonation et pseudo-détonation dans les moteurs à explosion.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. Émile Jouguet.

Dans plusieurs Notes, où nous avons étudié les caractéristiques et le mécanisme de la détonation dans les moteurs à explosion, nous avons employé indifféremment les expressions de détonation, de cliquetis et de cognement pour désigner le même phénomène : à savoir une augmentation

(1) Voir notamment Riabouchinsky, *Bulletin de l'Institut aérodynamique de Koetchirio*, fasc. 5, 1914, p. 1; Barillon, *Recherches et Inventions*, février 1930, p. 29.

extrêmement brusque de la pression [1] se manifestant extérieurement par un bruit de sonorité métallique et très aiguë, par une augmentation considérable de l'échauffement des parois, et par un fléchissement relatif de la puissance et du rendement réalisés.

La théorie de l'inflammation nucléaire, que nous avons exposée dans notre Note du 30 avril 1934 pour expliquer ce phénomène, laissait supposer en outre la possibilité de voir apparaître dans le moteur un phénomène différent, caractérisé par la naissance, au contact d'un point chaud ou dans des régions à gradient de température élevé, d'un front de flamme sans formation d'onde détonante. On trouvera dans ce qui suit le résumé d'une expérience que nous avons faite à ce moment, qui nous avait prouvé que le fait pouvait effectivement se produire et dans des conditions qui viennent en confirmation de notre théorie.

Procédant à des essais de suralimentation sur un moteur à température de refroidissement réglable, nous avons constaté que, pour une température d'eau de 80°, et en augmentant progressivement l'avance à l'allumage, l'apparition du cognement était précédée par une marche rude caractérisée par un claquement mat, tout à fait distinct à l'oreille du cliquetis proprement dit, tandis que, pour une température d'eau de 40° à 50°, on passait directement de la marche silencieuse à la marche avec cliquetis. Des diagrammes furent enregistrés dans ces différents cas avec un manographe à faible inertie. On constate, sur celui qui correspond à la marche avec claquement intermédiaire entre la marche normale et le cliquetis, qu'il se produit en fin de combustion une augmentation de pression rapide durant environ $0^{sec},0005$, suivie d'ondes de pression dont la fréquence correspond sensiblement à la tonalité du bruit entendu et qui n'existe pas pour les charges ou les températures de parois plus modérées. D'autre part, le démontage de la culasse du moteur a démontré que la calamine avait complètement brûlé en un point situé dans l'axe du cylindre et assez loin de la bougie d'allumage et correspondant à un défaut de fonderie dans la circulation d'eau, ce qui prouve une température assez élevée de cette région de la paroi.

Tous les éléments se trouvent donc réunis pour affirmer que le phénomène observé est bien un allumage par point chaud se produisant un peu avant la fin de la combustion avec accélération considérable de la montée en pression, mais sans production toutefois d'une onde détonante pro-

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1894, et **197**, 1933, p. 1296.

prement dite; ce dernier point étant d'ailleurs corroboré par le fait qu'on ne constate ni perte de puissance, ni échauffement anormal du moteur.

La théorie et l'expérience seraient ainsi d'accord pour prouver que l'apparition du cognement ou cliquetis proprement dit peut, sur certains moteurs et dans certaines conditions, être précédée par un phénomène d'allumage par point chaud en cours de combustion se révélant extérieurement par un bruit beaucoup moins aigu que le cliquetis, et ne donnant pas lieu à la perte de puissance ni à l'échauffement violent et localisé qui accompagnent la détonation ([1]), et que, pour cette raison, nous appellerons pseudo-détonation.

Mais, comme d'autre part la température à laquelle se produit l'allumage qui, d'après notre théorie, peut donner naissance soit à la détonation, soit à la pseudo-détonation, doit être influencée d'une seule et même manière par la qualité plus ou moins détonante du carburant, celle-ci pourrait être mesurée en se basant sur la pseudo-détonation aussi bien que sur la détonation proprement dite.

Effectivement nous croyons trouver une confirmation de cette déduction dans le fait que la plupart des appareils destinés à déceler le cognement, tels que la buncing-pin montée sur certains moteurs utilisés ponr la détermination des taux d'octane, paraissent, par suite de leur inertie relativement élevée, plus sensibles à la pseudo-détonation qu'à la détonation véritable; en sorte que pour certains de ces moteurs tels que le moteur S. 30 de l'Éthyl-Gazoline Corporation, par exemple, qui semble avoir une grande aptitude à produire la pseudo-détonation, c'est sans doute, la plupart du temps l'intensité de celle-ci qu'on mesure, et non celle de la détonation proprement dite. Cependant l'expérience a montré que les mesures effectuées peuvent s'appliquer au classement des carburants suivant leur tendance à la détonation, comme le prévoit notre théorie.

En terminant il nous paraît utile de signaler que, pour *l'utilisation* des moteurs à explosion, la vraie détonation semble seule devoir être évitée à tout prix (puisqu'elle seule influence sensiblement le rendement et produit un échauffement violent) et qu'il y a intérêt, par conséquent, à utiliser pour les mises au point des appareils à très faible inertie qui soient insensibles à la pseudo-détonation; pour cela nous avons songé à utiliser un dispositif sensible à la valeur de la dérivée seconde de la pression en fonction du temps qui varie très fortement avec la durée du choc. Un appareil

---

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1228; **196**, 1933, p. 1376.

basé sur ce principe et ayant une période propre de 1/30 000e de seconde environ, qui est très sensible à la détonation, est resté effectivement insensible à la pseudo-détonation pendant nos essais.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Méthode pour l'étude du processus de la combustion dans les moteurs.* Note de M. **Marcus Brutzkus**, présentée par M. Émile Jouguet.

Comme on le sait, le processus de la combustion dans les moteurs reste encore peu éclairci dans ses réactions intermédiaires qui mènent successivement à la formation de CO^2 et H^2O.

La méthode que l'on emploie actuellement pour l'étudier, celle du laboratoire de la *General Motors Co* [1] n'est pas satisfaisante. Dans cette méthode, on munit le moteur d'une petite soupape supplémentaire, par laquelle on retire des échantillons des gaz qui se trouvent à un moment donné dans le cylindre. Mais comme, pendant la combustion, aucune homogénéité ne règne à l'intérieur du cylindre, les échantillons retirés ne correspondent pas à la vraie composition des gaz dans le cylindre à ce moment. D'autre part, avec cette méthode, des variations des conditions pendant l'expérience peuvent facilement se produire : par exemple une variation de la proportion entre le combustible et l'air. Il est aussi difficile de recueillir par cette méthode des quantités suffisantes des corps pour leur étude complète.

Voici le principe d'une nouvelle méthode qui permettrait d'étudier le processus de la combustion dans les moteurs avec plus de précision.

Un moteur quelconque pourrait être utilisé, mais il devrait être adapté pour être actionné du dehors par un électromoteur ou par une courroie à un nombre de tours rigoureusement constant, ce qui assurerait l'uniformité de la proportion de l'air et du combustible. A part cela, le moteur fonctionnerait comme à l'ordinaire avec cette modification seulement que l'ouverture de la soupape d'échappement devrait être commandée par une came qui permettrait de produire l'ouverture de cette soupape à chaque moment voulu. A l'ouverture de la soupape d'échappement, les gaz et les vapeurs dans le cylindre subiraient une brusque et énorme expansion et le refroidissement qui en résulterait interromprait presque instantanément le pro-

---

(1) Lovell, Campbell et Boyd, *Ind. Eng. Chemistry*, 19, 1927, p. 373.

cessus de la combustion. Les gaz et les vapeurs seraient évacués dans un réfrigérant installé auprès du moteur.

Les corps liquides qui se formeraient dans le cylindre seraient accumulés en quantités voulues dans le réfrigérant et les corps gazeux pourraient être évacués du réfrigérant après la prise des échantillons nécessaires pour le dosage.

En déplaçant le moment de l'ouverture de la soupape d'échappement, on pourrait étudier pas à pas la marche de la combustion dans le moteur.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Étude photométrique et nouveaux éléments du système double à éclipses U Cephei.* Note (¹) de M. J. **Ellsworth**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. L'étoile double à éclipses U Cephei présente un intérêt particulier du fait que la composante la plus lumineuse, totalement éclipsée au minimum principal, appartient au type A_0, tandis que la composante la plus faible appartient au type K_0. Mais de graves désaccords apparaissent entre les données photométriques et spectroscopiques relatives à ce système.

La courbe de vitesses radiales tracée par Carpenter (²) correspond à une orbite fortement elliptique et fait prévoir pour le minimum secondaire un décalage de $0^j,7$ en arrière de la position équidistante des minima principaux. Or les observations photométriques n'avaient montré aucun décalage sensible (Dugan) (³), ou bien un décalage voisin de $0^j,1$ (Shapley, Wendell, Baker, Carrasco) (⁴). D'autre part le milieu de l'éclipse principale se produisait en avance de $0^j,16$ sur l'époque prévue par la spectroscopie.

2. Nous avons tracé une nouvelle courbe de lumière de U Cephei au moyen de 306 observations faites avec notre photomètre à œil de chat (⁵) du 26 mars 1931 au 19 juillet 1934. L'étoile de comparaison était BD + 82°20; les observations étaient faites à travers un filtre jaune Wratten n° 4. Cette

(¹) Séance du 22 octobre 1934.

(²) *Astrophysical Journal*, 72, 1930, p. 206-220.

(³) *Astrophysical Journal*, 52, 1920, p. 154-161.

(⁴) *Contributions from Princeton University Observatory*, n° 3, 1915, p. 33-38; *Laws Observatory Bulletin*, 2, 1921, p. 247-257; *Boletin Astronomico del Observatorio de Madrid*, 1, 1933, nᵒˢ 12-13.

(⁵) *L'Astronomie*, 47, 1933, p. 52-58.

courbe montre un minimum secondaire profond d'environ 0,2 magnitude et *décalé d'environ* $0^j,3$ *en arrière de la position médiane*. Un tel décalage ne paraît du reste pas incompatible avec les observations de Walter (¹). *L'orbite est donc bien elliptique*. Comme celle de Walter, notre courbe paraît indiquer l'existence entre les éclipses de faibles oscillations attribuées par Walter à des phénomènes de libration et à des causes physiques.

Le milieu de l'éclipse principale est en avance de $0^j,05$ sur l'éphéméride de Gadomski (²) et encore *de* $0^j,159$ *sur l'époque prévue par la courbe des vitesses radiales*.

3. Bien que probable, une rotation de la ligne des apsides est incapable d'expliquer tous les désaccords constatés entre les éléments microscopiques et les observations photométriques faites à des époques diverses. Ainsi nous paraît-il provisoirement nécessaire de modifier les éléments spectroscopiques de manière à les rendre compatibles avec notre courbe de lumière. En faisant varier l'excentricité e et la longitude du périastre ω de manière que le produit $e\cos\omega$ conserve la valeur constante 0,204 qui correspond au décalage de $0^j,3$, on trouve la solution

$$e = 0,211, \qquad \omega = 15^\circ$$

(au lieu de $e = 0,474$ et $\omega = 25^\circ$ fournie par Carpenter) *qui fait disparaître entièrement le désaccord relatif à l'époque du milieu de l'éclipse*. La courbe des vitesses radiales tracée dans cette hypothèse représente encore d'une manière satisfaisante les observations de Carpenter, mais avec une erreur moyenne accrue ($\pm 28,0$ km/sec au lieu de $\pm 18,2$ km/sec).

4. Nous avons cherché à déterminer les éléments du système en adoptant la valeur précédente de l'excentricité. Comme Walter, nous supposons sphérique la petite composante brillante, ellipsoïdale, la grande composante faible. Nous admettons que les deux composantes ont une rotation uniforme de même période que la translation. La courbe de lumière observée est rectifiée par un procédé analogue à celui de Dugan, pour tenir compte de l'ellipticité, de la réflexion, de l'inégalité des faces et du retard de marée. Les éléments sont calculés par une méthode dérivant de celle de Harting (³), dans l'hypothèse des disques uniformes (solution U), puis dans celle des disques complètement assombris vers les bords (solution D). Ces derniers

(¹) *Astronomische Nachrichten*, **250**, 1934, p. 334-356.

(²) *Circulaires de l'Observatoire de Cracovie*, n° **19**, 27 juin 1925.

(³) *Untersuchungen ueber den Lichtwechsel des Sternes β Persei*, München, 1889.

éléments sont donnés dans le tableau ci-après, l'unité de longueur étant le demi-grand axe de l'orbite :

Période (Gadomski)	P	$2^j,4920409$
Béflexion de la grande comp	$2c$	0,143
Excès de brillance de la face avançante de la petite comp.	$2b$	0,050
Intensité moyenne petite comp	L_2	0,780
Intensité muyenne grande comp	L_1	0,220
Retard de marée	–	32°,7
Durée de l'éclipse	D	0,4470
Durée de constance au min	d	0,0937
1/2 axes de grande comp	a_1	0,358
» » (obscure)	b_1	0,312
Rayon petite comp. (brillante)	a_2	0,214
Inclinaison plan orbite	i	90°,0
Rapport rayon des comp	k	0,639
Perte de lumière au minimum secondaire	–	0,120
Rapport des brillances des deux comp	J_2/J_1	8,67

La solution D représente mieux que la solution U la forme de la courbe de lumière pendant l'éclipse principale (erreurs moyennes $\varepsilon_D = \pm 0,032$ et $\varepsilon_U = \pm 0,041$). Elle représente également mieux la profondeur du minimum secondaire comme l'avait déjà remarqué Dugan (obscurcissement de 2/3 au bord du limbe de la composante faible du type K_0).

Il paraît donc nécessaire d'admettre un certain obscurcissement aussi bien pour l'étoile brillante du type A_0 *que pour l'étoile faible du type* K_0. L'éclipse principale suffit à elle seule pour prouver l'obscurcissement de la composante brillante.

PHYSIQUE. — *Sur l'application des principes de la thermomécanique aux conducteurs.* Note de M. **J. E. Verschaffelt**, présentée par M. Brillouin.

On peut appliquer les principes fondamentaux de la thermomécanique à un élément de conducteur traversé par un courant électrique à l'état stationnaire, à condition de tenir compte de ce que le courant entraîne de 'énergie et qu'il y a un travail d'interaction entre l'élément considéré et les parties contiguës du conducteur.

En posant que l'énergie et l'entropie de l'élément considéré restent constantes et exprimant que la somme des énergies réduites fournies par l'am-

biance doit être plus petite que la variation de l'entropie, et par conséquent négative, on arrive à admettre deux relations, dont l'une

$$(1)\qquad (h_i\,\delta) = -\left(\frac{\Delta}{T}\,\text{grad}\,T\right) - \text{div}\,X$$

détermine la force électromotrice interne h_i agissant dans l'élément, lorsque Δ et X sont donnés; δ est la densité du courant, Δ le flux d'énergie entraîné par le courant, div X le travail supplémentaire dont il vient d'être question. L'autre

$$(2)\qquad \frac{dq}{dv} = -r\,\delta^2 + T\,\text{div}\left(\frac{\Delta}{T}\right) = -r\,\delta^2 + \text{div}\,\Delta - \left(\frac{\Delta}{T}\,\text{grad}\,T\right)$$

donne l'effet calorifique par unité de volume; celui-ci se compose de l'effet Joule irréversible (proportionnel au carré de δ; r est la résistivité) et d'effets réversibles (proportionnels à δ) dépendant des circonstances.

Dans un conducteur isotrope on a $\Delta = k\,\delta$ et $X = j\,\delta$, où k et j sont des fonctions des facteurs qui déterminent l'état local du conducteur, c'est-à-dire de la température T et de la composition c (si c'est un alliage). L'équation (1) détermine dans ces conditions les forces électromotrices de Thomson et Peltier :

$$(3)\qquad h_i = -\left(\frac{k}{T} + \frac{\partial j}{\partial T}\right)\text{grad}\,T - \frac{\partial j}{\partial c}\,\text{grad}\,c;$$

l'équation (2) donne les effets calorifiques Thomson et Peltier (différentiels) :

$$(4)\qquad \frac{dq}{dv} = -r\,\delta^2 + \tau(\delta\,\text{grad}\,T) + \pi(\delta\,\text{grad}\,c),$$

où

$$(5)\qquad \tau = \frac{dk}{dT} - \frac{k}{T} = T\,\frac{\partial(k/T)}{\partial T} \quad \text{et} \quad \pi = \frac{\partial k}{\partial c} = T\,\frac{\partial(k/T)}{\partial c}.$$

Dans un conducteur anisotrope, Δ (et peut-être aussi X) est une fonction vectorielle linéaire de δ; Δ n'est donc pas parallèle à δ et se décompose en une composante longitudinale, qui détermine l'effet Bridgman, et une composante transversale, qui est l'effet Kelvin-Borélius.

Dans des cas particuliers de mériédrie cristalline ou d'anisotropie accidentelle provoquée par un champ magnétique, il se produit des effets transversaux à caractère rotationnel; tels sont les effets Hall, etc., Δ est alors l'effet Ettingshausen

$$\Delta_E = P s[\delta \times H]$$

(s est la conductibilité calorifique, H l'intensité du champ magnétique); la force électromotrice correspondante est la force électromotrice de Nernst,

$$h_N = -Q[\operatorname{grad} T \times H],$$

et l'équation (1) établit entre les coefficients P et Q de ces effets (en supposant $\operatorname{div} X = 0$) la relation

$$(6) \qquad QT = -Ps.$$

De l'équation (2) on peut déduire d'autres relations (de Moreau et Bridgman) où entre le coefficient de Thomson.

THERMODYNAMIQUE. — *Phénomènes Peltier et Thomson et entropie.* Note [1] de M. **Alfred Liénard**, présentée par M. Émile Jouguet.

Désignons suivant l'usage par $\Pi_{MN}(T)$ et $\sigma_M(T)$ les coefficients représentant la quantité de chaleur dégagée par le passage d'une quantité unité d'électricité dans les phénomènes Peltier et Thomson. On sait que la thermodynamique permet d'établir entre ces coefficients la relation

$$(1) \qquad \sigma_N(T) - \sigma_M(T) = \frac{\partial \Pi_{MN}}{\partial T} - \frac{\Pi_{MN}}{T}.$$

Les relations (1), jointes à la relation connue $\Sigma\Pi_{MN} = 0$ pour les chaînes à température uniforme, font qu'il existe pour chaque métal M, N, ... des fonctions $H_M(T)$, $H_N(T)$, ... telles que l'on ait

$$\Pi_{MN} = T[H_M - H_N], \qquad -\sigma(T) = T\frac{\partial H}{\partial T} \quad [2].$$

L'intérêt d'introduire la fonction H est le suivant : la quantité de chaleur dégagée dans un élément de circuit AB, par suite des effets Peltier et Thomson pendant le temps dt, peut s'écrire $-T\,dH \times I\,dt$, dH représentant l'excès de la valeur de H à la sortie B du courant sur sa valeur à l'entrée A, sans qu'il y ait à distinguer suivant que la variation de H le long de AB provient d'un changement dans la nature du métal ou dans sa température. A cette chaleur réversible $-dQ$ dégagée par les effets Peltier et Thomson

[1] Séance du 22 octobre 1934.

[2] Cf. Duhem, *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, 1, livre V. Duhem écrit P_m^n au lieu de Π_{MN} et $\mu(T)$ au lieu de $-\sigma(T)$.

s'ajoute la chaleur irréversible produite par l'effet Joule. Passant d'un élément à une portion finie CD du circuit, on obtient la relation

$$\int_C^D \frac{dQ}{T} = \int_C^D dH \times I\,dt = (H_D - H_C) I\,dt.$$

Si l'on désigne par δq_C et δq_D les quantités d'électricité qui ont pénétré dans la région CD par ses extrémités, on peut écrire

$$(2) \qquad \int_C^D \frac{dQ}{T} + H_C\,\delta q_C + H_D\,\delta q_D = 0.$$

D'une manière plus générale, on pourra écrire, pour une région quelconque U d'un conducteur à trois dimensions,

$$(2') \qquad \int_U \frac{dQ}{T} + \int_{\text{surf. U}} H\,\delta q = 0.$$

dQ est la chaleur réversible absorbée par un élément de volume de la région U sons l'influence des effets Peltier et Thomson; δq est la quantité d'électricité qui a traversé un élément $d\Sigma$ de la surface de U.

Lorsque le volume U comprend la masse totale des conducteurs sièges de courants thermoélectriques, les équations (2) et (2') se réduisent à

$$(3) \qquad \int \frac{dQ}{T} = 0.$$

La thermodynamique permet d'écrire *a priori* l'équation (3) pour l'ensemble d'un conducteur en régime permanent et c'est du reste en partant de là que l'on parvient à l'équation fondamentale (1).

Mais, si $\int \frac{dQ}{T}$ est nul pour l'ensemble, il ne s'ensuit pas que dQ/T soit nul pour chaque partie du conducteur, bien que chacune de ces parties soit dans un état stationnaire et possède par suite une entropie invariable, à supposer que la notion d'entropie continue à avoir un sens pour chaque élément de conducteur et non pas seulement pour l'ensemble. La rèlation bien connue $dQ = T\,dS$ cesse d'être valable pour chaque élément.

L'obtention des relations (2) et (2') pour le régime stationnaire, où l'entropie est invariable, conduit à faire l'hypothèse suivante : la notion d'entropie d'une portion de conducteur peut être maintenue en thermoélectricité, en régime variable aussi bien qu'en régime permanent, à condition

de remplacer la relation $dQ = T\,dS$ par

$$dS = \int_{U} \frac{dQ}{T} + \int_{\text{surf. U}} H\,\delta q. \tag{4}$$

Pour que la relation (4) soit compatible avec la condition que dS soit une différentielle exacte, il faut que dQ ne se réduise pas aux chaleurs Peltier et Thomson, mais comprenne en régime variable un terme supplémentaire d'expression $T\,(dH/dt)\,dt \times dq$. dq (qu'il ne faut pas confondre avec δq) est la charge électrique d'un élément.

La formule (4) peut paraître bien paradoxale, à tel point, que pour éviter de l'écrire, Duhem n'a jamais considéré que l'entropie de la totalité d'un système siège de courants et non celle de chacune de ses parties. Et cependant la théorie exposée par Duhem permet de lever facilement le paradoxe. Duhem est conduit à écrire que le potentiel thermodynamique, l'énergie interne et l'entropie d'un système électrisé présentent par rapport au même système non électrisé des excédents respectivement égaux à $\Sigma\Theta q$, $\Sigma K q$ et $\Sigma H q$. Les Θ et K sont de nouveaux coefficients liés à H [*loc. cit.*, p. 363 et 364, form. (15) à (19)].

D'après cela le terme $\int H\,\delta q$ de la formule (6) représente simplement l'apport d'entropie par les électrons qui pénètrent dans la région U. Le cas est le même que si l'on avait un fluide circulant dans un milieu poreux et entraînant avec lui énergie et entropie.

Si l'interprétation donnée à la relation (6) est exacte, il doit exister un apport d'énergie représenté par un terme $\int_{\text{surf. U}} K\,\delta q$. Or c'est bien ce qui a lieu : on vérifie en effet que la loi de la conservation de l'énergie est bien satisfaite en supposant qu'il existe, en plus de l'apport d'énergie électromagnétique suivant la loi de Poynting, un apport de valeur $\int_{\text{surf. U}} K\,\delta q$.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence du champ magnétique sur la constante diélectrique des liquides.* Note (¹) de MM. **Arkadius Piekara** et **Maurice Schérer**, présentée par M. A. Cotton.

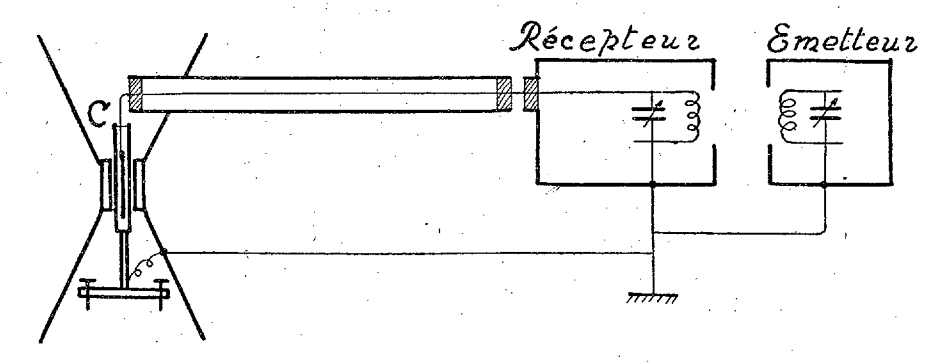
L'hypothèse de l'orientation moléculaire, qui rend compte des biréfringences électrique et magnétique, avait conduit à prévoir que la constante

---

(¹) Séance du 8 octobre 1934.

diélectrique des corps devait changer en présence d'un champ magnétique. On a cherché déjà, à plusieurs reprises, si cette influence pouvait être constatée, mais les résultats ont toujours été négatifs (¹), sauf dans le cas particulier de certains cristaux liquides (²), dans lesquels M. Jezewski, et indépendamment W. Kast, ont trouvé un effet très remarquable.

D'après l'ancienne théorie des quanta cette influence devait être très grande, mais la nouvelle mécanique des quanta a rétabli la validité des résultats de la théorie classique (³). Cette dernière, telle qu'elle a été développée par Langevin, fait prévoir, pour un gaz paramagnétique dans un



champ de 50 000 gauss, une variation de la constante diélectrique de l'ordre de 10^{-6}, mais les données nécessaires manquent pour les liquides diamagnétiques et l'on ne peut indiquer alors l'ordre de grandeur du changement à prévoir.

Nous avons effectué nos expériences avec le grand électroaimant de Bellevue. Il donne un champ de 51 000 gauss entre des pièces polaires de 60^{mm} de diamètre distantes de $6^{mm},5$. Dans cet entrefer était placé le condensateur C (épaisseur 5^{mm}, capacité 64 u. e. s.) contenant le liquide étudié. Nous avons employé la méthode des résonances déjà utilisée par l'un de nous (⁴), mais les circuits émetteur et récepteur durent être protégés par une enceinte métallique (voir la figure).

Nous avons pris les précautions suivantes, entre autres : nous avons

---

(¹) M. JEZEWSKI, *Journ. de Phys.*, 5, 1924, p. 59; P. DEBYE, *Zeits. f. Phys.*, 36, 1926, p. 300; L. M. MOTTSMITH et C. R. DAILY, *Phys. Rev.*, 28, 1926, p. 996; B. B. WEATHERBY et A. WOLF, *Phys. Rev.*, 27, 1926, p. 769.

(²) M. JEZEWSKI (*loc. cit.*) et W. KAST, *Ann. der Phys.*, 73, 1924, p. 145.

(³) Cf. J. H. VAN VLECK, *The theory of Elect. and Magn. susceptibility* (Oxford, 1932).

(⁴) A. PIEKARA, *Bull. de l'Acad. polonaise*, série A, 45, 1928, p. 201.

vérifié que le condensateur vide ne subit aucune déformation dans le champ magnétique, que l'effet obtenu ne dépend pas du sens du champ magnétique. La conductibilité n'exerçait pas d'influence sur les résultats, car les mesures étaient effectuées sur les deux parties (ascendante et descendante) de la courbe de résonance.

Résultats. — Avec tous les liquides examinés nous avons obtenu un accroissement $\Delta\varepsilon$ de la constante diélectrique, les champs magnétique et électrique étant parallèles :

$t = 23^\circ$, $\lambda = 600^m$. $H = 51000$ gauss.

Liquides.	$\Delta\varepsilon$.
Hexane	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Cyclohexane	1,8 »
Toluène (22°)	1,9 »
Benzène	2 »
Tétrachlorure de carbone	2,1 »
Sulfure de carbone	2,2 »
Quinoléine	120 »
Nitrobenzène	250 »

Cet effet, assez grand, décroît très rapidement avec l'intensité du champ magnétique, comme le montrent les nombres suivants :

Toluène, $t = 22^\circ$, $\lambda = 600^m$.

H (gauss)	51000	35500	24800
$\Delta\varepsilon \cdot 10^4$	18,9	4,1	0,6

On voit que cet effet, que nous avons pu facilement mesurer dans les champs élevés, ne pouvait être mis en évidence dans les champs inférieurs à 25000 gauss.

Le premier tableau montre que la variation $\Delta\varepsilon$ est positive pour le sulfure de carbone dont la biréfringence magnétique est cependant négative. Le cas du tétrachlorure de carbone est également frappant; l'accroissement est du même ordre de grandeur que pour les autres liquides, quoique son anisotropie magnétique paraisse très petite (il ne montre aucune biréfringence magnétique mesurable).

Ces remarques et le fait que l'ordre de grandeur de l'effet obtenu est 1000 fois plus grand que celui prévu pour des gaz par la théorie, nous incitent à penser que l'effet d'orientation moléculaire peut être accompagné d'un autre phénomène. On peut envisager que sous l'influence du

champ magnétique la fréquence d'oscillation des molécules peut se rapprocher de celle du champ électrique. Les valeurs du premier tableau, peu différentes entre elles, montreraient ainsi que les conditions expérimentales employées sont encore éloignées de celles qui correspondent à la résonance. Des expériences ultérieures, où l'on fera varier la longueur d'onde et l'angle entre les deux champs, permettront peut-être de choisir entre ces hypothèses.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés paramagnétiques des sels céreux en solution.* Note de MM. **Charles Haenny** et **Gaston Dupouy**, transmise par M. G. Urbain.

Depuis les travaux théoriques désormais classiques de Hund et de Van Vleck sur le magnétisme des terres rares, les données expérimentales sur ce sujet sont restées bien insuffisantes. La purification chimique est évidemment, dans ce domaine, un obstacle souvent difficile à surmonter.

Les sels céreux, eux-mêmes, assez répandus et d'une purification relativement facile n'ont pas, toutefois, toujours donné lieu, entre les mains de divers chercheurs, à des mesures magnétiques concordantes. Il est vrai que la facilité avec laquelle ils s'oxydent en sels cériques qui présentent des propriétés magnétiques très différentes peut être, dans ce cas, l'origine de divergences.

Decker (¹) a obtenu, pour l'ion céreux des solutions aqueuses du nitrate, un moment magnétique plus faible d'environ deux magnétons expérimentaux, que celui trouvé, par ailleurs, à partir des seules données de la spectroscopie et par l'expérience directe sur les sels céreux à l'état solide.

Zernicke et James (²) en ont conclu que, contrairement à ce qui devait se passer pour l'ensemble des terres rares, le moment magnétique du cérium était susceptible de varier d'une manière analogue aux moments d'éléments, tel que le cobalt, appartenant à d'autres séries de transition.

Nous avons utilisé la méthode de mesure des coefficients d'aimantation des liquides, que nous venions de mettre au point (³) à l'étude des propriétés paramagnétiques des solutions de sels céreux dont la biréfringence magnétique a, par ailleurs, été étudiée par l'un de nous (⁴).

(¹) *Ann. der Physik*, **79**, 1926, p. 324.
(²) *J. Am. Chem. Soc.*, **48**, 1926, p. 2827.
(³) G. Dupouy et Ch. Haenny, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 781.
(⁴) Ch. Haenny, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 931; **196**, 1933, p. 1297.

Nous avons pu disposer de quantités suffisantes de chacune des solutions étudiées pour pouvoir opérer à chaque manipulation sur une solution fraîche. Nous pouvons estimer à la suite de divers dosages, qu'au moment de nos mesures, la concentration en sel cérique était inférieure au millième du cérium total.

Nous donnons ci-dessous des résultats que nous avons obtenus pour six solutions de divers sels céreux en solution aqueuse ou alcoolique.

c = concentration de chacun des constituants en grammes par gramme de solution.
χ = coefficient d'aimantation relatif à 1g d'ion céreux dissous.

Solution aqueuse de nitrate céreux. N° 1.
$C_{Ce} = 0,0701$; $C_{NO^3} = 0,0931$; $C_{H^2O} = 0,8368$.

$t°$ C.	d.	$\chi.10^6$	$\chi(T+\Delta).10^3$.
24,2....	$1,150_6$	$16,72_6$	$5,58_3$
$25,1_5$...	$1,150_1$	$16,65_8$	$5,57_6$
36,6....	$1,144_6$	$16,05_0$	$5,55_6$
$51,4_5$...	$1,136_8$	$15,51_3$	$5,60_1$
$61,7_5$...	$1,129_9$	$15,03_8$	$5,58_4$

Solution aqueuse de nitrate céreux. N° 2.
$C_{Ce} = 0,1595$; $C_{NO^3} = 0,2117$; $C_{H^2O} = 0,6288$.

$t°$ C.	d.	$\chi.10^6$	$\chi(T+\Delta).10^3$.
21,5....	$1,405_4$	$16,65_4$	$5,65_4$
22,4....	$1,405_5$	$16,60_7$	$5,65_3$
34,6....	$1,396_5$	$16,01_4$	$5,64_7$
42,2....	$1,390_9$	$15,68_3$	$5,64_9$
59,9....	$1,381_2$	$15,00_6$	$5,67_1$
60,6....	$1,379_6$	$14,97_9$	$5,67_1$

Solution aqueuse de nitrate céreux. N° 3.
$C_{Ce} = 0,2495$; $C_{NO^3} = 0,3312$; $C_{H^2O} = 0,4192$.

$t°$ C.	d.	$\chi.10^6$	$\chi(T+\Delta).10^3$.
23,8....	$1,777_4$	$16,62_1$	$5,34_9$
24,7....	$1,773_5$	$16,58_0$	$5,35_0$
24,8....	$1,773_5$	$16,57_2$	$5,34_9$
42,4....	$1,756_3$	$15,71_3$	$5,34_9$
$52,5_5$...	$1,746_7$	$15,24_2$	$5,34_3$
$62,0_5$...	$1,738_0$	$14,87_4$	$5,35_5$

Solution du chlorure céreux. N° 4.
$C_{Ce} = 0,1243$; $C_{Cl} = 0,1722$; $C_{H^+} = 0,0022$; $C_{H^2O} = 0,7013$.

$t°$ C.	d.	$\chi.10^6$	$\chi(T+\Delta).10^3$.
22,4....	$1,305_4$	$17,00_3$	$5,50_0$
36,6....	$1,297_8$	$16,26_1$	$5,49_1$
$50,6_5$...	$1,290_4$	$15,63_2$	$5,49_9$
60,9....	$1,285_0$	$15,21_8$	$5,50_9$

Solution d'acétate céreux. N° 5.
$C_{Ce} = 0,0589$; $C_{CH^3COO} = 0,3770$; $C_{H^+} = 0,00513$; $C_{H^2O} = 0,5590$.

$t°$ C.	d.	$\chi.10^6$	$\chi(T+\Delta).10^3$.
$22,1_5$...	$1,101_4$	$15,86_6$	$5,06_4$
25,0....	$1,100_6$	$15,76_7$	$5,07_7$
38,0....	$1,094_3$	$15,12_7$	$5,06_8$
$50,0_5$...	$1,088_1$	$14,60_8$	$5,07_6$
61,6....	$1,080_5$	$14,05_1$	$5,03_9$
69,9....	$1,074_9$	$13,88_5$	$5,09_4$

Solution de nitrate céreux dans l'alcool. N° 6.
$C_{Ce} = 0,1314$; $C_{NO^3} = 0,1744$; $C_{H^2O} = 0,1014$; $C_{C^2H^5OH} = 0,5928$.

$t°$ C.	d.	$\chi.10^6$	$\chi(T+\Delta).10^3$.
$23,3_5$...	$1,101_3$	$16,59_3$	$5,29_7$
24,5....	$1,100_3$	$16,53_4$	$5,28_9$
35,8....	$1,087_5$	$15,92_5$	$5,28_2$
49,2....	$1,074_4$	$15,33_8$	$5,20_3$
60,9....	$1,062_9$	$14,85_8$	$5,30_1$

L'inverse du coefficient d'aimantation est bien une fonction linéaire de la température, la loi de Curie-Weiss est vérifiée, comme on peut s'en rendre compte par le fait que le produit $\chi(T+\Delta)$ reste constant pour chacune des solutions, dans le domaine des températures où nous avons opéré. Les valeurs de Δ ont été déterminées graphiquement.

Le moment magnétique n rapporté à un ion-gramme est donné, en unités C. G. S. E. M., par l'expression

$$n=\sqrt{3RC_a},$$

où R est la constante moléculaire des gaz parfaits et C_a la constante de Curie-Weiss pour un ion-gramme du cérium céreux. Les moments calculés en magnétons de Weiss ($1\,n_W=1126$ C. G. S. E. M.) ou en magnétons de Bohr ($1\,n_B=5589$ C. G. S. E. M.) sont indiqués ci-dessous ainsi que les valeurs de Δ relatives à chacune de nos solutions :

Solution n° :	1.	2.	3.	4.	5.	6.
n_W	12,40	12,49	12,14	12,31	11,82	12,08
n_B	2,50	2,52	2,45	2,48	2,38	2,44
Δ	36,6	45	25	28,1	24	22,9

La valeur moyenne des moments magnétiques des ions céreux en solution déterminés, dans le cas des électrolytes forts que sont nos solutions aqueuses du nitrate et du chlorure, $n_B=2,49$, est très voisine de la valeur du moment théorique calculé par Van Vleck : $n_B=2,56$. Les valeurs trouvées, par ailleurs, expérimentalement par Cabrera, St. Meyer, Zernicke et James, pour les sels céreux solides, encadrent les valeurs que nous avons obtenues.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *De l'influence des perturbations magnétiques sur la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques longues.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les études sur la qualité de réception des ondes électromagnétiques en cas de perturbations magnétiques sont assez nombreuses (MM. E. Appleton, Ch. Maurain), mais dans aucune, jusqu'ici, on ne s'est occupé de la vitesse de propagation des ondes.

Pour étudier l'influence des perturbations magnétiques sur la vitesse

apparente des ondes, nous avons, d'après les données de divers observatoires, centralisées au *Bureau international de l'Heure* à l'Observatoire de Paris, divisé les valeurs des durées de propagation en trois groupes, suivant les situations magnétiques :

(a) Calme ou presque calme; (b) peu agitée ou agitée; (c) très agitée ou perturbation, tirées des Observations magnétiques du Val-Joyeux par M. L. Eblé [1]. Nous avons étudié la période de 4 ans (1929 à 1932) en utilisant les durées de propagation des ondes de Bordeaux (FYL, 19100^m, 8^h t. m. Gr.) et d'Annapolis (NSS, 16854^m, 8^h t. m. Gr.) entre Paris et Washington (A), des ondes de Rughy (GBR, 18740^m, 18^h t. m. Gr.) et d'Annapolis (17^h t. m. Gr.) entre Paris et Washington (B), ainsi qu'entre Greenwich et Washington (C) et, enfin, des ondes de Saïgon (FZA, 15900^m, 19^h t. m. Gr.) et de Bordeaux (20^h t. m. Gr.) et Rughy (18^h t. m. Gr.) entre Paris et Tokio (D).

Nous avons réuni les résultats par années et par groupes (A, B, C, D). Les résultats annuels sont donnés par le tableau suivant où les nombres qui y figurent représentent les différences par rapport aux durées moyennes de propagation fournies par (a) et (b) :

Année.	(a).	n.	(b).	n.	(c).	n.
1929........	+0,002456 s	205	−0,001569 s	320	−0,003532 s	76
1930........	+ 0132	277	− 0085	442	− 5576	114
1931........	+ 1398	345	− 0986	509	− 0930	58
1932........	+ 1193	509	− 1200	505	− 2078	97

On voit que, pour chaque année, la durée de propagation diminue avec l'augmentation d'agitation magnétique, autrement dit que la vitesse apparente augmente.

La classification par rapport aux heures et observatoires nous donne les résultats :

	A.	B.	C.	D.
a............	+0,000635 s	+0,000400 s	+0,002832 s	+0,000636 s
b............	− 0489	− 0359	− 2216	− 0442
c............	− 2683	− 4006	− 3861	− 2944

qui confirment pleinement la conclusion précédente.

---

(1) *Ann. Inst. Phys. du Globe de l'Université de Paris*, 9-13, 1931-1933, p. 26-28.

En tenant compte des vitesses moyennes apparentes, nous avons :

	A.	B.	C.	D.	Moy.
ΔV_{b-a}	5699	3455	8986	4850	5748 km/sec
ΔV_{c-a}	16824	20059	10806	16108	15949 »
ΔV_m	11262	11757	9896	10479	10849 »

où ΔV_{b-a} est l'accroissement de la vitesse en cas de situation agitée, ΔV_{c-a} en cas de situation perturbée et ΔV_m l'accroissement moyen de la vitesse par rapport à une situation calme.

Les perturbations magnétiques sont produites par des corpuscules venant du Soleil. Ceux-ci produisent une ionisation anormale de la couche E (couche d'Heaviside) de la haute atmosphère. La vitesse d'une onde (vitesse de groupe) dans un milieu ionisé peut être représentée par la formule

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}\sqrt{1-\gamma},$$

où c est la vitesse de la lumière, ε constante diélectrique de l'air, μ perméabilité magnétique et γ coefficient qui dépend de l'ionisation et des frottements intérieurs de l'air.

Puisque la variation de l'ionisation fait varier ε et γ, il suffirait, dans le cas de perturbations magnétiques, que

$$\Delta\varepsilon + \varepsilon\Delta\gamma < 0$$

pour que la vitesse des ondes puisse augmenter avec l'agitation magnétique.

Pendant la nuit, la propagation des ondes longues est analogue à la propagation des ondes courtes, c'est-à-dire qu'il existe des réflexions successives de la couche ionisée de la haute atmosphère. Comme l'ionisation de cette couche pendant les perturbations magnétiques augmente et que celle-ci descend, l'onde ne pourra pénétrer qu'à une hauteur moindre, la réflexion se produira sur une couche plus basse et la vitesse apparente augmentera.

Étant donné que notre résultat est fondé sur 14000 réceptions d'ondes longues émises par des stations différentes et à différentes heures de la journée, nous pensons qu'il présente un intérêt de valeur propre indépendant des hypothèses jusqu'alors émises au sujet de la propagation des ondes électromagnétiques.

ÉLECTROOPTIQUE. — *La diffraction des ondes électriques enregistrée chimiquement.* Note (¹) de M. **W. Arkadiew**, présentée par M. Jean Perrin.

La méthode présente permet de découvrir les champs électriques de haute fréquence. Au moyen de ce procédé, on peut constater sur le papier blanc la présence du champ électrique; le procédé donne la possibilité de fixer la trace de l'incidence ou du passage des ondes électromagnétiques sans s'aider de thermopile et de galvanomètre. Cette méthode est fondée sur l'application d'un détecteur, du type du cohéreur de Branly, muni d'électrodes formés de divers métaux. Le détecteur est couché sur une feuille de papier mouillé qu'il touche de ses électrodes en deux points. Dans le cas le plus simple, le détecteur se compose de deux boules, une de cuivre,

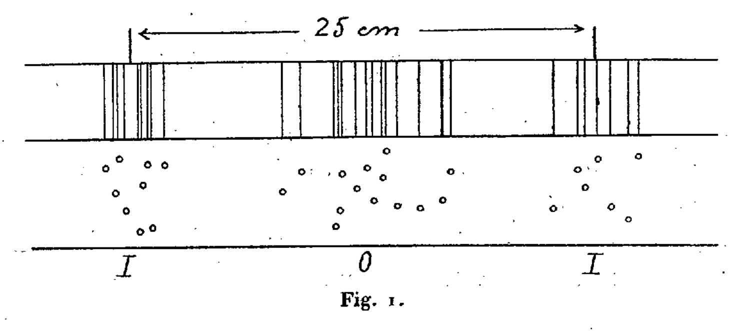


Fig. 1.

l'autre de zinc. Le papier est imprégné d'une solution d'indicateur chimique que le passage du courant fait changer de couleur après incidence des ondes sur le détecteur.

Les électrodes peuvent être du même métal, mais il est nécessaire alors de faire traverser le papier par un courant d'une batterie spéciale. En disposant sur une feuille de papier plusieurs détecteurs analogues, de pas plus de 1^{cm} de longueur chacun, on obtient sur le papier, après l'incidence des ondes, après l' « éclairage aux rayons hertziens », des taches colorées qui marquent le passage des rayons ou l'image de diffraction de la source.

Cette méthode remplace dans l'optique des ondes hertziennes la photographie dans le domaine de la lumière.

La figure 1 montre la diffraction des rayons électromagnétiques d'un oscillateur de 7^{mm} de longueur par le réseau d'une constante a égale à 5^{cm}

(¹) Séance du 22 octobre 1934.

avec des fentes parallèles au vecteur électrique des ondes. La distance du réseau à la plaque sensible est de $17^{cm},5$, la distance des franges de premier ordre, de l'une à l'autre, 25^{cm}. La formule

$$\lambda = a \sin \delta$$

nous donne $\lambda = 2^{cm},9$.

La figure 2 représente l'ombre d'une lame de $2^{cm},75$ de largeur, perpendiculaire au vecteur électrique. Elle est appliquée sous une plaque d'ébonite de 3^{mm} d'épaisseur, recouverte de papier sensible. On remarque une

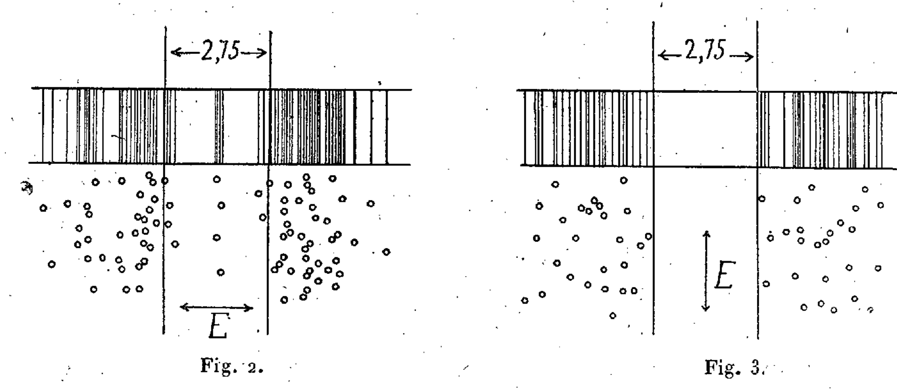


Fig. 2. Fig. 3.

frange claire au milieu de l'ombre. La largeur de l'ombre était de 22^{mm} avec des détecteurs de 8^{mm} de longueur; elle descendit à 21^{mm} avec les détecteurs de 13^{mm}.

Lorsque le vecteur électrique était parallèle à la lame, la largeur de l'ombre augmentait jusqu'à 31^{mm} (*fig.* 3).

Les cercles sur les clichés représentent les taches originales reçues sur le papier sensible. Pour donner l'impression de l'éclairement sur les cercles sont tirées des droites.

Il ressort de ces expériences que la méthode décrite permet d'examiner la propagation des ondes électromagnétiques dans divers cas.

ANALYSE SPECTRALE. — *Le groupe carbonyle des aldéhydes et cétones comparé à l'oxyde de carbone.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. J. Perrin.

On sait que les molécules contenant le carbonyle (cétones, aldéhydes, phosgène) possèdent dans le spectre Raman une fréquence égale en moyenne à 1750; cette fréquence varie très peu, lorsqu'on change la nature

des atomes ou groupes d'atomes liés au carbone. Ainsi par exemple pour l'aldéhyde formique on trouve 1768, pour l'aldéhyde acétique 1716, pour le chlorure d'acétyle 1798, pour l'acétone 1712, la diéthylcétone 1724, le chloral 1760, la chloracétone 1725, le phosgène 1810.

De même dans le spectre infrarouge des mêmes composés on trouve une fréquence fondamentale très intense ayant la même valeur moyenne.

Nous avons étudié le spectre d'absorption ultraviolet moyen (3300 à 2700) et lointain (2100-1700) des vapeurs d'aldéhyde formique, d'aldéhyde acétique, d'acétone et de chlorure d'acétyle. Tous ces corps présentent un spectre d'absorption formé d'un grand nombre de bandes assez fines, distribuées suivant des périodes régulières. En faisant les spectres à différentes températures (de 20 à 300°C.) on peut identifier des fréquences de l'état normal de la molécule, ainsi que celles de la molécule activée. On trouve pour ces molécules normales une fréquence moyenne égale à 1720-1760 et pour l'état activé 1180-1175.

Dans le spectre de fluorescence de la vapeur d'aldéhyde formique Herzberg, Franz et Gradstein [1] ont trouvé pour la molécule normale la fréquence 1723 et pour la molécule activée 1180 cm^{-1}.

L'analyse de cette fréquence de vibration qui se retrouve dans tous les composés contenant le groupe CO a montré qu'elle correspond à la vibration de valence du groupe CO.

On est donc conduit à comparer cette fréquence à celle qu'on trouve dans l'oxyde de carbone. Or l'étude du spectre Raman faite par Rasetti donne une fréquence égale à 2155; le spectre infrarouge donne 2166 [2] et les spectres visibles et ultraviolets d'émission et d'absorption (bandes 4e positive, de Cameron, de Hopfield-Birge) donnent pour la fréquence de vibration du niveau normal de CO 2169,3. Il n'y a donc aucune correspondance entre la fréquence de vibration de l'oxyde de carbone et celle du groupe carbonyle des molécules.

J'ai cherché à analyser la signification de cette divergence. Dans le niveau normal (X) de l'oxyde de carbone la molécule se trouve dans un état $^1\Sigma$; l'atome de carbone a dans cette molécule la structure électronique normale $1s^2 2s^2 2p^2$ état ^3P, le carbone est bivalent. Le premier état activé de CO, correspondant aux bandes de Cameron, est un état $a\ (^3\Pi)$ dont le niveau est de 48436 cm^{-1} supérieur au niveau normal. On trouve que dans

(1) *Zeits. f. Phys.*, **76**, 1932, p. 720, et *Zeits. f. ph. Ch.*, **22**, 1933, p. 384.
(2) Snow et Rideal, *Proc. Roy. Soc.*, **125**, 1929, p. 462.

ce premier état d'activation de CO la fréquence de vibration est égale à 1739,3; elle est donc égale à la fréquence de vibration du carbonyle dans les molécules normales des aldéhydes et des cétones.

Bien plus le deuxième état d'activation de l'oxyde de carbone, correspondant aux bandes de Hopfield-Birge, est l'état a' ($^3\Sigma$) et dans cet état la fréquence de vibration est égale à 1182, elle est donc la même que la fréquence obtenue pour les molécules activées contenant le carbonyle.

On voit ainsi que par l'étude du spectre de vibration nous pouvons analyser l'état électronique dans lequel se trouve un radical dans une molécule; il faut pour cela comparer les fréquences de vibration pour le radical contenu dans une molécule et pour le même radical pris à l'état isolé.

Nous trouvons ainsi une méthode générale qui peut être appliquée à un grand nombre de radicaux, ainsi par exemple aux molécules contenant les groupes NO, CN, SO, NH, CH, OH, etc.; pour tous ces groupes nous connaissons les spectres d'émission ou d'absorption aussi bien dans leur état isolé que dans les combinaisons chimiques diverses.

Conclusions. — Dans les molécules des aldéhydes, des cétones et du phosgène, le groupe CO se trouve dans l'état électronique $^3\Pi$ qui correspond au premier état d'activation de l'oxyde de carbone. Lorsque ces molécules sont activées, le groupe CO passe à l'état $^3\Sigma$. Enfin lorsque par décomposition thermique ou photochimique la molécule est dissociée en oxyde de carbone et une molécule sans carbonyle, un des premiers stades de cette dissociation est le passage du groupe CO de l'état $^3\Pi$ à l'état $^1\Sigma$ entraînant la libération de l'oxyde de carbone normal. Cette analyse nous donne ainsi un guide pour le mécanisme d'un très grand nombre de réactions chimiques diverses.

Ce résultat explique pourquoi dans les molécules des aldéhydes et des cétones on trouve toujours un moment électrique élevé, égal en moyenne à $2.70.10^{-18}$, tandis que l'oxyde de carbone n'a qu'un moment très faible ou nul. En effet, on peut montrer théoriquement, ainsi que M. Debye nous l'a indiqué, que l'état $^3\Pi$ de l'oxyde de carbone activé doit avoir un moment électrique, tandis que l'état normal $^1\Sigma$ ne doit pas en avoir.

POLARIMÉTRIE. — *L'analyse photoélectrique des vibrations elliptiques.* Note de MM. **Georges Bruhat** et **Pierre Grivet**, présentée par M. A. Cotton.

I. *Détermination de l'orientation du grand axe d'une vibration elliptique.* — Nous utilisons le polarimètre photoélectrique à pénombre Bruhat-Guinier (¹); les plages y sont fournies par deux lames de quartz droit et gauche de même épaisseur que l'on substitue l'une à l'autre devant l'analyseur; avec des lames de 2/10ᵉ de millimètre, le demi-angle de pénombre φ varie de 12° pour $\lambda = 3655$ Å à 30° pour $\lambda = 2540$ Å et le pointé d'une vibration rectiligne peut être fait avec une erreur inférieure à une demi-minute. Le pointé du grand axe d'une vibration elliptique s'effectue comme celui d'une vibration rectiligne; la sensibilité reste à peu près la même tant que l'angle β qui caractérise le rapport des axes ($\tan\beta = B/A$) n'est pas supérieur à φ : nous avons vérifié que, contrairement à ce que l'on observe en polarimétrie visuelle, il est possible de faire les pointés à une minute près pour des valeurs de β atteignant 30°.

Il faut toutefois, pour les grandes valeurs de β, tenir compte de l'erreur indiquée par Tuckerman (²), provenant de l'inégalité de transmission des deux plages; si l'on désigne par k^2 le rapport des intensités transmises par les deux plages et si l'on pose $k - 1 = \sin 2\varphi \tan\lambda$ la correction à faire est $\varepsilon = \lambda \sin^2\beta / \cos 2\beta$. L'inégalité de transmission provient des réflexions multiples dans les lames de quartz, $k - 1$ est de l'ordre de quelques millièmes, et l'erreur ε peut atteindre une dizaine de minutes pour $\beta = 20°$. Si la vibration elliptique est produite par une lame biréfringente, l'erreur ε peut être éliminée en répétant la mesure pour un même azimut du polariseur et deux azimuts symétriques de la lame biréfringente, ou pour un même azimut de la lame et deux azimuts symétriques du polariseur : nous avons vérifié que l'erreur ε ainsi mesurée concorde à 1 ou 2 minutes près avec l'erreur calculée jusqu'à $\beta = 36°$.

II. *Mesure de l'ellipticité par la méthode de Senarmont.* — Nous employons, pour les radiations comprises entre 4358 et 3021 Å, un compensateur en mica nu (³) dont le retard θ varie entre ces limites de 73° à 105°. Il est

(¹) *Revue d'Optique*, 12, 1933, p. 396.
(²) *University of Nebraska Studies*, 9, 1909, p. 25.
(³) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 718.

porté par un cercle divisé, à l'aide d'un dispositif qui permet de l'escamoter et de le remettre exactement dans la même position par rapport au cercle : il est donc facile, après avoir pointé, le compensateur enlevé, l'orientation de l'ellipse, de remettre le compensateur et de l'amener dans les deux positions pour lesquelles ses lignes neutres coïncident avec les axes de l'ellipse. Les ellipses qu'il transmet sont alors suffisamment aplaties pour qu'on puisse pointer leurs axes et mesurer les angles δ et δ' qu'ils font avec le grand axe de l'ellipse incidente. Ces angles peuvent différer de 10 ou 15 pour 100, à cause des réflexions multiples dans le compensateur; l'ellipticité β_0 de la vibration incidente se déduit de leur mesure par les formules :

$$\operatorname{tang} 2\gamma = \frac{\operatorname{tang} 2\delta}{\sin\theta}, \qquad \operatorname{tang} 2\gamma' = \frac{\operatorname{tang} 2\delta'}{\sin\theta}, \qquad \operatorname{tang}^2\beta_0 = \operatorname{tang}\gamma \operatorname{tang}\gamma'.$$

Pour éprouver la méthode, nous l'avons employée à l'analyse de séries de vibrations d'ellipticités connues produites par des lames de mica préalablement étalonnées dont nous faisions varier l'angle avec le polariseur : c'est ainsi que, dans une série faite avec la radiation 3130 Å, où les valeurs calculées de β_0 etaient $6^\circ 1'$, $11^\circ 25'$, $15^\circ 28'$ et $17^\circ 14'$, les valeurs mesurées ont été 6°, $11^\circ 24'$, $15^\circ 29'$ et $17^\circ 14'$.

III. *Analyse d'une vibration presque circulaire.* — La méthode précédente ne s'applique plus à l'analyse d'une vibration d'ellipticité β_0 supérieure à 30°, à cause de l'impossibilité de pointer avec une précision suffisante l'orientation de son grand axe. Mais, dans ce cas, l'action du compensateur la transforme en une vibration elliptiqne suffisamment aplatie pour que l'on puisse pointer son azimut, quelle que soit l'orientation du compensateur. Nous donnons alors successivement au compensateur les quatre azimuts α, $\alpha + \pi/2$, $\alpha - \pi/4$, $\alpha + \pi/4$, α étant quelconque, et nous mesurons les azimuts $\alpha + \delta_1$, $\alpha - \delta'_1$, $\alpha - \pi/4 + \delta_2$ et $\alpha - \pi/4 - \delta'_2$ des vibrations transmises. Désignons par S_1 et D_1, S_2 et D_2 les sommes et différences telles que

$$S_1 = \frac{\cot 2\delta_1 + \cot 2\delta'_1}{2}, \qquad D_1 = \frac{\cot 2\delta_1 - \cot 2\delta'_1}{2}.$$

L'azimut $\alpha + \alpha_0$ du grand axe de la vibration à analyser et son ellipticité β_0 se déduisent, avec une approximation en général suffisante, des formules

$$\operatorname{tang} 2\alpha_0 = -\frac{S_2 + D_2 S_1 \cos\theta}{S_1 - D_1 S_2 \cos\theta}, \qquad \cot 2\beta_0 = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}\,\sin\theta.$$

Nous donnerons les formules complètes dans un autre Recueil, et nous y discuterons l'erreur des formules approchées ci-dessus. Nous nous bornerons ici à un exemple qui permettra de juger de la précision et de la fidélité des pointés : nous avions produit avec une lame cristalline, pour $\lambda = 3130$ Å, une vibration dont l'ellipticité, d'après l'étalonnage de cette lame, devait être $\beta_0 = 39°4'$; dans diverses séries de mesures correspondant à différentes valeurs de α, nous avons trouvé pour β_0 les valeurs 39°0', 39°5', 39°7', 39°7', 39°7' et 39°6'.

En résumé, les méthodes de polarimétrie photoélectrique permettent d'analyser, avec un analyseur à deux plages, une vibration elliptique quelconque; leur précision est comparable à celle des méthodes visuelles, et elles présentent, par rapport à ces dernières, certaines simplifications, dues à la valeur plus grande de l'angle de pénombre et à la possibilité qui en résulte de pointer des ellipses déjà assez renflées.

PHOTOCHIMIE. — *L'action chimique de la lumière sur les dérivés diiodés des carbures d'hydrogène : Diiodoéthanes, diiodométhane.* Note de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai montré que l'étude photochimique révèle une solidarité prédominante entre atomes d'iode et d'hydrogène dans la molécule du 1.1-diiodoéthène $CH^2 = CI^2$, entre les atomes d'iode dans les molécules des 1.2-diiodoéthènes $CHI = CHI$ (1). Des relations analogues se retrouvent dans le cas des diiodoéthanes, $CH^2I - CH^2I$ et $CH^3 - CHI^2$.

Le 1.2-diiodoéthane, ou iodure d'éthylène, solide blanc cristallisé, fut découvert par Faraday en combinant l'iode et l'éthylène sous l'action de la lumière (2). Inversement, l'iodure d'éthylène est décomposé par les radiations ultraviolettes, en donnant exclusivement de l'iode et de l'éthylène :

$$CH^2I - CH^2I \rightarrow CH^2 = CH^2 + I^2.$$

Ainsi la lumière provoque le départ des deux atomes d'iode qui apparaissent solidaires. La coexistence des réactions de photolyse et de synthèse photochimique conduit à un équilibre qui dépend de la nature des radiations excitatrices.

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1151.
(2) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 111, 1821, p. 47.

Les résultats sont tout différents avec le 1.1-diiodoéthane ou iodure d'éthylidène, liquide à peu près incolore. La photolyse produit d'abord de l'iodure de vinyle, de l'iodure d'éthyle et de l'iode, conformément à l'équation de réaction

$$2\,CH^3-CHI^2 \rightarrow CH^2{=}CHI + CH^3-CH^2I + I^2.$$

Ce mode de décomposition est tout à fait comparable à celui des dérivés monoiodés ([1]). Ici encore l'interprétation du résultat implique l'intervention nécessaire de 2 molécules du dérivé iodé. La molécule qui a subi l'action de la lumière doit perdre à la fois 1 atome d'iode et 1 atome d'hydrogène; le groupement restant se réarrange en iodure de vinyle; les atomes d'hydrogène et d'iode concourent, avec une deuxième molécule d'iodure d'éthylidène, à la production de l'iodure d'éthyle et de l'iode :

$$CH^3-CHI^2 + \text{lumière} \rightarrow CH^2{=}CHI + (H, I),$$
$$CH^3-CHI^2 + (H, I) \rightarrow CH^3-CH^2I + I^2.$$

Puis les iodures d'éthyle et de vinyle subissent à leur tour la décomposition photochimique :

$$2\,CH^3-CH^2I \rightarrow CH^2{=}CH^2 + CH^3-CH^3 + I^2,$$
$$2\,CH^2{=}CHI \rightarrow CH\equiv CH + CH^2{=}CH^2 + I^2,$$

de telle sorte que la décomposition finale de l'iodure d'éthylidène doit être ainsi représentée :

$$4\,CH^3-CHI^3 \rightarrow CH\equiv CH + 2\,CH^2{=}CH^2 + CH^3-CH^3 + 4\,I^2.$$

En réalité, la majeure partie de l'éthylène se combine à de l'iode pour donner de l'iodure d'éthylène ([2]).

Par conséquent l'étude de la photolyse révèle une solidarité entre atomes d'iode et d'hydrogène dans la molécule d'iodure d'éthylidène, au lieu d'une solidarité entre atomes d'iode dans le cas de l'iodure d'éthylène. Cette différence s'accompagne, comme pour les diiodoéthènes, d'une attitude opposée sous l'action combinée de la lumière et de l'oxygène. Pas plus que les iodures d'acétylène, l'iodure d'éthylène ne se combine à l'oxygène sous

---

([1]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 799, et **198**, 1934, p. 424.

([2]) Une autre réaction secondaire, productrice de méthane, s'observe quand on soumet longtemps à l'action de la lumière ultraviolette des quantités importantes d'iodure d'éthylidène; elle me paraît pouvoir être attribuée à une hydrogénation de l'iodure de vinyle avec coupure de la molécule.

l'action des radiations ultraviolettes, tandis que le 1.1-diiodoéthane peut être complètement oxydé, tout comme le 1.1-diiodoéthène.

La solidarité entre atomes d'iode et d'hydrogène paraît se retrouver dans la molécule du diiodométhane ou iodure de méthylène; mais c'est un composé à peine sensible à l'action de la lumière, et l'on n'en peut décomposer que des quantités extrêmement petites. J'ai déjà proposé l'équation suivante de décomposition ([1]):

$$2\,CH^2I^2 \rightarrow CH^3I + CHI^3.$$

L'analogie de structure entre les iodures de méthylène et d'éthylidène semble d'ailleurs confirmée par l'analogie que j'ai reconnue entre leurs spectres d'absorption; le spectre d'absorption de l'iodure d'éthylène est par contre très différent. De plus l'iodure de méthylène subit lui aussi une oxydation photochimique rapide quand on le soumet à l'action des radiations ultraviolettes en présence d'oxygène.

Il importe d'insister sur la grande stabilité photochimique de l'iodure de méthylène, cent fois moins vite décomposé par la lumière que l'iodure d'éthylidène, dans des conditions d'éclairement et d'absorption cependant identiques. Elle paraît se rattacher à la présence dans la molécule d'un seul atome de carbone. En effet j'ai déjà montré que l'iodure de méthyle se décompose trois fois moins vite que l'iodure d'éthyle. J'ai de même reconnu la grande stabilité à la lumière des solutions d'iodoforme en l'absence d'oxygène.

Action de la lumière sur les solutions d'iodoforme. — La photolyse est extrêmement lente. Un peu d'iode est libéré; les solutions benzéniques abandonnent parfois des produits bruns que je n'ai pu identifier, insolubles dans les solvants usuels. Les solutions d'iodoforme sont, par contre, très sensibles à la lumière en présence d'oxygène, mais la lumière ne fait qu'accélérer une réaction qui se produit déjà dans l'obscurité, ainsi que je l'ai établi en collaboration avec M. René Dubrisay ([2]). Nous avons reconnu qu'il se faisait de l'acide iodhydrique, de telle sorte qu'on retrouve dans la molécule d'iodoforme une solidarité entre atomes d'iode et d'hydrogène.

([1]) *Annales de Chimie*, **17**, 1932, p. 432.

([2]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 660, et **198**, 1934, p. 263; voir aussi notre Communication au Congrès international de Chimie pure et appliquée de Madrid, avril 1934.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Nouvelle technique dans la spectrographie cristalline des rayons* γ. Note (1) de M. **Horia Hulubei** et Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Quelques essais préliminaires nous avaient encouragés à mettre en œuvre pour la spectrographie des rayons γ une méthode de focalisation qui devait, par suite de la concentration fine du rayonnement diffracté, aider à surmonter les aléas inhérents à l'analyse des sources faibles et étendues.

Nous avons construit un appareil qui applique les propriétés de focalisation des réseaux cristallins courbés utilisés par transmission (2).

Le dispositif spectrographique proprement dit s'appuie et se déplace sur un socle plan en fonte de $0^m,80 \times 2^m$, qui repose lui-même sur un solide bâti en tubes d'acier réglable en hauteur. Il peut subir, sur le plan de fonte, un mouvement d'ensemble transversal par rapport à la direction du rayonnement incident.

Pour réaliser cet ensemble spectrographique nous disposions de deux possibilités : *a*. obtenir par construction la condition d'égalité de deux longueurs : la distance du centre du cercle de focalisation au point milieu du cristal et la distance de ce centre à un autre point quelconque du cercle de focalisation; *b*. fixer une longueur : celle du diamètre du cercle de focalisation, et un angle : celui formé par les deux directions qui partent d'un point quelconque du cercle de focalisation pour aboutir respectivement au point milieu du cristal et au centre de courbure du cristal, angle dont la valeur doit être de 90°. Cette méthode (*b*), que nous suggérons ici, se recommande pour le travail correct avec chambre d'ionisation. Nous avons adopté la première possibilité, celle même qui nous a déjà servi dans la réalisation de spectrographes à rayons X et qui est plus commode pour l'emploi de la plaque photographique. L'appareil se compose essentiellement de deux bras métalliques très solides dont l'un, fixe, porte le cristal et le dispositif de rotation de l'autre bras qui est mobile et porte le châssis porte-plaques. Le dispositif de commande de la rotation du bras mobile peut être déplacé le long du bras fixe à l'aide d'une solide vis de précision commandée par un volant. Un dispositif analogue permet de déplacer le porte-plaques le long du bras mobile. Ces

(1) Séance du 15 octobre 1934.

(2) Y. Cauchois, *Ann. de Phys.*, 11e série, 1, février 1934, p. 215.

deux déplacements sont lents et permettent de réaliser finement les conditions de focalisation pour tout rayon de courbure du cristal entre $0^m,75$ et $1^m,50$. Leur valeur est repérée grâce à la graduation de ces bras et à deux verniers à $0^{mm},02$. La rotation du bras mobile se fait par roue et vis tangentes et sa valeur est lue à la demi-minute près.

Les spectres peuvent être analysés soit sur plaque photographique, soit à l'aide d'un compteur de Geiger. Le compteur permet, entre autres, le contrôle du réglage de la source de rayons γ, (réalisé optiquement au préalable grâce à des viseurs convenables), de détecter éventuellement les rayonnements diffusés parasites, de rechercher et déterminer la position des raies spectrales, etc.

L'épreuve de l'appareil a été faite aux rayons X. A l'extension maxima ($1^m,50$), avec un mica d'ouverture 6×3^{mm}, épaisseur $0^{mm},3$, temps de pose pour que $MoK\beta_4$ soit très bien mesurable : 1/4 d'heure. Une pose de quelques heures donne toutes les raies $K\beta$ interdites ou hors diagramme jusqu'ici observées y compris β_8 et β_9 dont nous avons dernièrement signalé l'existence. La dispersion est environ 1 U. X. par millimètre dans le troisième ordre. Le pouvoir séparateur est tel qu'il nous a permis déjà dans le premier ordre d'observer la structure de doublet de $K\beta_5$ (KM_{IV}, M_V).

Le microphotomètre nous a montré une complexité de structure pour $K\beta_2$ avec un élargissement vers les grandes ondes. Il nous est actuellement impossible de décider s'il s'agit des deux émissions KN_{II} et KN_{III} ou de la superposition à $K\beta_2$ d'une raie d'étincelle. Quant à β_4 elle présente, comme nous l'avions signalé, une structure complexe.

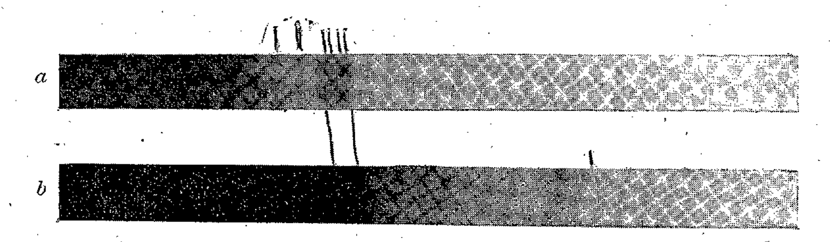
Application aux rayons γ. — Les réglages se font par rapport au diaphragme qui délimite la portion utile du cristal, diaphragme qui doit protéger efficacement la zone de formation des spectres contre le rayonnement direct de la source [1]. La présence de composantes très dures dans l'émission globale exige que la délimitation du cristal soit assurée par de grosses masses de matière. Mais alors il faut éviter que le rayonnement secondaire envoyé par ces protections massives ne vienne voiler la zone d'enregistrement des spectres.

Dans nos expériences la source était une ampoule de radon posée sur un support léger à réglages fins, à l'intérieur d'une construction de plomb ayant de tous côtés au moins 10^{cm} d'épaisseur. Le rayonnement sortait à travers un canal plat, à parois très épaisses, qui s'étendait jusqu'au voisi-

[1] H. Hulubei, *Ann. de Phys.*, 11e série, 1, janvier 1934, p. 5.

nage immédiat du cristal où son ouverture était de 6×3^{mm}; il était évasé du côté de la source pour permettre au faisceau incident d'offrir les incidences utiles. L'angle de l'axe du canal avec l'axe de l'appareil est déterminé par les caractéristiques du réseau cristallin interne que l'on utilise.

Nos clichés ont été obtenus avec 150 à 250 millicuries efficaces. Après au plus 2 heures de pose les raies γ fortes, et X de fluorescence, de la région de 160 U. X., sont enregistrées très lisiblement (cliché *a*). Après



12 heures ces raies sont fortement surexposées, et l'on obtient un spectre complexe, très riche en raies X et γ, qui s'étend jusqu'au delà de 350 U. X. (cliché *b*). Une seule pose suffit pour utiliser les angles de Bragg compris entre $0°,25$ et $2°$. La qualité médiocre du cristal employé dans ces essais a nui à la finesse des raies.

Ces premiers résultats, nettement encourageants, montrent l'efficacité des méthodes de focalisation pour l'étude des rayons γ.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Une propriété périodique des noyaux atomiques.* Note [1] de M. **G. Monod-Herzen**, présentée par M. Jean Perrin.

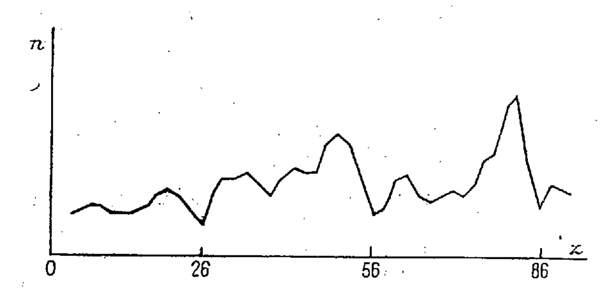
Soient Z la charge d'un noyau et M son nombre de masse. A chaque couple de valeur de Z et de M correspond une espèce nucléaire.

Le nombre des espèces nucléaires compris dans un intervalle $Z, Z+n$ varie périodiquement en fonction de Z, et cette périodicité permet de distinguer dans la suite des éléments chimiques trois groupes d'environ 30 éléments séparés par des minima très nets pour $Z = 26$(Fe), 56 (Ba), 86 (Em) pour chacun desquels la courbe présente la même allure : un maximum secondaire et un maximum principal.

Ces groupes correspondent d'une manière satisfaisante, à la fois avec

(1) Séance du 22 octobre 1934.

ceux que l'on peut déduire de l'étude des pertes de masse (¹), ou de sa considération de diverses théories nucléaires (²).



Nombre des espèces nucléaires comprises entre 2 et 2 + 4.

Note : La courbe a été complétée en attribuant aux éléments 43, 46, 61, 77, 78, 79, 85 et 87 respectivement 1, 6, 1, 2, 7, 1, 1 et 1 isotopes, ces nombres étant les entiers les plus voisins de la moyenne des valeurs relatives aux éléments de même parité encadrant l'élément considéré.

La courbe ci-dessus résultant d'une numération faite sur un graphique où chaque espèce nucléaire est représentée par un point de coordonnées proportionnelles à Z et à M, grandeurs directement connues par expérience est indépendante de toute théorie. On y retrouve les sous-groupes de M. Elsasser, et l'on y voit l'indication de sous-groupes nouveaux.

Le fait que la répétition périodique de l'allure de la courbe soit beaucoup moins nette sur une courbe où le nombre des isotopes est indiqué pour chaque valeur de Z, que sur le graphique de la figure peut s'interpréter par la perturbation d'une loi périodique régulière par une condition d'équilibre secondaire.

En ce qui concerne le premier groupe, on peut remarquer qu'il contient des éléments ayant une moyenne 2,1 isotopes qui forment la presque totalité de la croûte terrestre [plus de 99 pour 100 (³)], tandis que les éléments contenus dans les deux suivants sont semblables à la fois par leurs abondances et par le nombre moyen de leurs isotopes (3,6 et 3,7). Ces faits rapprochés des résultats de l'étude des pertes de masse confirment l'opinion généralement admise qui lie l'abondance d'un élément à sa stabilité.

(¹) G. Monod-Herzen, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 45.

(²) H. A. Barton, *Physical Review*, **35**, 1930, p. 408; W. D. Harkins, *ibid.*, **38**, 1931, p. 1270; K. Guggenheimer, *Journal de Physique*, **5**, 1934, p. 253; W. H. Elsasser, *ibid.*, **5**, 1934, p. 389.

(³) Noddeck, cité par Harking, *loc. cit.*; W. Vernadsky, *Géochimie*, p. 17.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre l'hétérogénéité d'une solution solide et ses propriétés mécaniques et chimiques.* Note [1] de M. **Pierre Chevenard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'hétérogénéité d'une solution solide ferromagnétique se manifeste avec sensibilité sur les courbes aimantation-température par une transformation étalée; comme je l'ai montré [2], elle peut être caractérisée par l'écart entre le point de Curie le plus élevé Θ_2 et le point de Curie le plus bas Θ_1, et par l'aire σ comprise entre la courbe thermomagnétique observée et une courbe fictive d'allure normale coïncidant au départ avec la première. D'où, une méthode pour étudier quantitativement les variations de l'hétérogénéité en fonction des traitements et ses effets sur les propriétés de l'alliage. Comme le caractère thermomagnétique de la solution solide étudiée n'intervient pas sensiblement dans l'apparition ou la disparition de l'hétérogénéité, les conclusions peuvent être étendues à toutes les solutions solides.

Cette méthode a été appliquée, en premier lieu, à un alliage austénitique fer-nickel-chrome-carbone ($C = 0{,}3$; $Ni = 37$; $Cr = 10$ pour 100), rendu hétérogène par hypertrempe et revenu : je me propose de montrer brièvement les relations qui existent entre l'hétérogénéité et les propriétés mécaniques et chimiques de l'alliage.

Des barreaux de 10^{mm} de diamètre, hypertrempés à 1200° dans l'eau, ont subi des revenus plus ou moins longs à différentes températures; puis on a découpé côte à côte les échantillons nécessaires aux essais thermomagnétiques, mécaniques et chimiques.

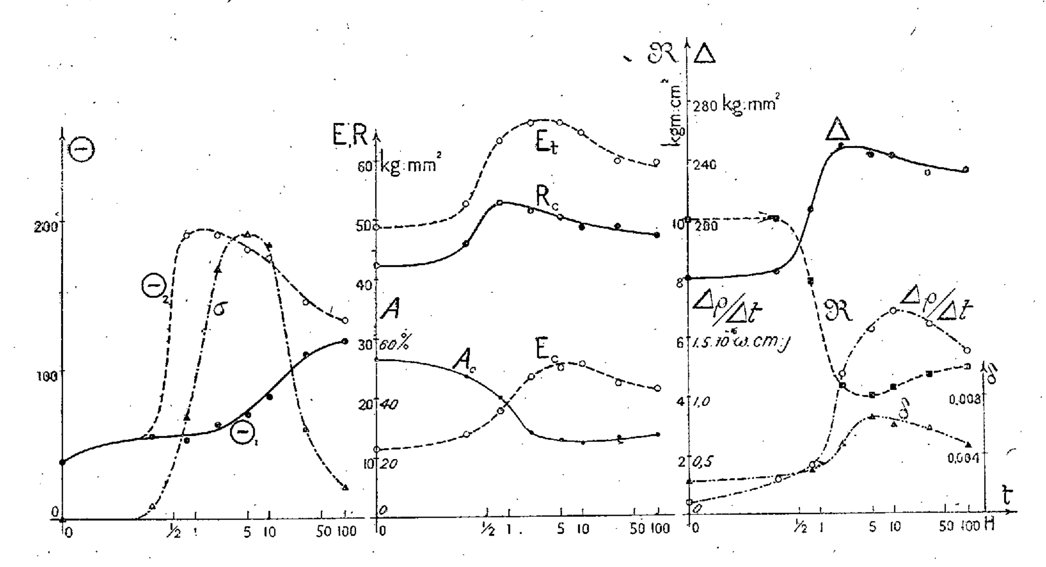
La dureté Δ et la résilience $\mathcal{R}$ ont été déterminées au moyen des appareils de M. Pomey. Une micromachine à enregistrement photographique, récemment construite au laboratoire d'Imphy, a permis de mesurer avec précision sur des barreaux de $1^{mm},5$ de diamètre la limite élastique E_c, la résistance R_c et l'allongement de rupture au cisaillement A_c, la limite élastique à la traction E_t. Le frottement interne, caractérisé par le décrément δ, a été obtenu au moyen d'un pendule élastique du type Holweck-Lejay. Enfin, pour évaluer la résistance à la corrosion intercristalline, on a soumis

---

(1) Séance du 22 octobre 1934.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1144.

les échantillons à une solution chlorhydrique d'hyposulfite de sodium, car l'alliage étudié, riche en nickel, ne subit pas ce mode d'attaque dans la solution sulfurique de sulfate de cuivre habituellement utilisée. Le réactif au soufre corrode de préférence les zones périphériques des grains appauvris en chrome, et produit une augmentation apparente de résistivité qui, pendant les dix premiers jours, est quasi proportionnelle à la durée de l'attaque : l'activité de la corrosion est donc représentée par le rapport $\Delta\rho/\Delta t$ exprimé en microhms/cm par jour.

Les propriétés ainsi déterminées, ainsi que les paramètres de l'hétérogénéité sont portées sur un diagramme en fonction de la durée de revenu



(les abscisses sont proportionnelles à $\log(1+N)$, N désignant la durée exprimée en minutes). La figure ci-dessus représente les courbes obtenues pour une température de revenu de 750° : *leur parenté d'allure est évidente.*

En particulier, la courbe de l'indice d'hétérogénéité σ, celles des limites élastiques E_t, E_c et celle du décrément δ s'élèvent en même temps et leurs maxima sont à l'aplomb l'un de l'autre. Or les limites élastiques et le frottement interne caractérisent très bien les propriétés mécaniques de l'alliage, car leur mesure n'altère pas sensiblement l'état initial de l'échantillon. On trouve donc la preuve que l'hétérogénéité de la solution solide est une cause de durcissement, au même titre que la précipitation de carbure. Comme l'hétérogénéité *précède nécessairement* la précipitation, on s'explique d'une manière simple le décalage constaté dans l'étude des phéno-

mènes de durcissement structural, entre le gain de dureté et la précipitation accusée par le microscope ou les méthodes physicothermiques.

Le parallélisme, non moins frappant entre les courbes σ et $\Delta\rho/\Delta t$ confirme le rôle de l'hétérogénéité dans la corrosion intercristalline. Ce rôle est bien connu pour les alliages inoxydables du type 18/8; mais, dans ces austénites pauvres en nickel, les portions les plus appauvries en chrome par la précipitation de carbure passent à l'état de phase α. Dans l'alliage étudié, au contraire, le fer demeure toujours à l'état γ : l'appauvrissement local en chrome est donc la cause principale de la corrosion intercristalline.

Voici enfin une conséquence pratique de cette étude. L'usine d'Imphy a réalisé des ferronickels chromés qui, grâce à des additions d'aluminium, de titane ou de molybdène, sont susceptibles de durcissement structural par hypertrempe et revenu ([1]). *A priori*, ce traitement ne doit pas favoriser leur corrosion fissurante dans la vapeur, car, d'après les résultats de l'analyse thermomagnétique, les constituants précipités se forment à partir du nickel et l'austénite ne s'appauvrit pas en chrome. Des expériences poursuivies pendant plus de 6000 heures vérifient cette prévision : l'immunité des nouveaux alliages n'apparaît donc pas comme un simple résultat négatif d'ordre empirique, mais acquiert un haut degré de certitude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude thermométrique de la précipitation des ferrocyanures insolubles*. Note ([2]) de M. **René Pâris**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les ferrocyanures des métaux lourds sont très difficiles à isoler à l'état pur et, par conséquent, à analyser directement. Généralement, les précipités obtenus par action du ferrocyanure de potassium sur un sel métallique contiennent du potassium. Par voie chimique indirecte (analyse des solutions réagissantes avant et après précipitation) E. Müller et ses collaborateurs ([3]) ont montré que la teneur en potassium des ferrocyanures de cuivre et de fer était fonction du rapport ferrocyanure : sel métallique dans

---

([1]) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 846; *Revue du Nickel*, n° 3, juillet 1932, p. 91.

([2]) Séance du 22 octobre 1934.

([3]) *J. f. prakt. Chem.*, 86, 1912, p. 82; 84, 1911, p. 353; 90, 1914, p. 119; 104, 1922, p. 241.

les mélanges initiaux. D'autre part, Treadwell et Chervet [1], en suivant au potentiomètre l'action de solutions chaudes (50° à 80°) très diluées de ferrocyanure de potassium sur différents sels métalliques, ont trouvé que, seuls les ferrocyanures de plomb et d'argent seraient des sels simples de formules respectives $Ag^4Fe(CN)^6$ et $Pb^2Fe(CN)^6$, tandis que ceux des autres métaux contiendraient du potassium suivant les formules $MeK^2Fe(CN)^6$ pour les sels de nickel, cobalt, cadmium [2] et $Zn^3K^2[Fe(CN^6)]^2$ pour le sel de zinc.

TABLEAU I.

Solution traitée par $K^4Fe(CN)^6$, m : 3.	$Pb(CH^3CO^2)^2$ m : 3,5.	$AgNO^3$ m : 2,7.	$ZnSO^4$ m : 8,3.	$FeCl^3$ m : 9.
Virages observés (cm³ de ferrocyanure)	21,2	18,8	18,3	13,0 ; 16,7
Virages théoriques (cm³ de ferrocyanure)	$Pb^2Fe(CN)^6$	$Ag^4Fe(CN)^6$	$K^2Zn^3[Fe(CN)^6]^2$	$Fe^4[Fe(CN)^6]^3$
	21,32	14,14	18,25	13,15
	–	$Ag^3KFe(CN)^6$	–	$KFeFe(CN)^6$
	–	18,86	–	17,52

TABLEAU II.

Solution traitée par $K^4Fe(CN)^6$, m : 3.	$NiSO^4$ m : 6,6.	$CuSO^4$ m : 6,4.	$Co(NO^3)^2$ m : 7,2.	$CdSO^4$. m : 6.
Virages observés (cm³ de ferrocyanure)	17,8	16,0	18,0	12,0 ; 22,4
Virages théoriques (cm³ de ferrocyanure)	$NiK^2Fe(CN)^6$	$Cu^3K^2[Fe(CN)^6]^2$	$Co^4K^4[Fe(CN)^6]^3$	$Cd^4K^4[Fe(CN)^6]^3$
	22,99	15,80	15,81	19,33
	$Ni^4K^4[Fe(CN)^6]^3$	$Cu^4K^4[Fe(CN)^6]^3$	$CoK^2Fe(CN)^6$	$Cd^2Fe(CN)^6$
	17,24	17,82	21,08	12,88
	–	–	–	$CdK^2Fe(CN)^6$
	–	–	–	25,76
Solution versée dans $K^4Fe(CN)^6$, m : 12.	$NiSO^4$ m : 3,3.	$CuSO^4$ m : 6,4.	$Co(NO^3)^2$ m : 3,6.	$CdSO^4$ m : 6.
Virages observés (cm³ de solution)	16,5	17,6	16,4	28
Virages théoriques (cm³ de solution)	$NiK^2Fe(CN)^6$	$Cu^4K^4[Fe(CN)^6]^3$	$CoK^2Fe(CN)^6$	$CdK^2Fe(CN)^6$
	13,59	17,57	14,82	24,26
	$Ni^4K^4[Fe(CN)^6]^3$	$Cu^3K^2[Fe(CN)^6]^2$	$Co^4K^4[Fe(CN)^6]^3$	$Cd^4K^4[Fe(CN)^6]^3$
	18,12	19,77	19,7	32,35

Afin de connaître la composition globale du précipité obtenu en faisant

---

(1) *Helv. Chimica Acta*, 5, 1922, p. 633; 6, 1923, p. 550.

(2) La concordance entre les virages théoriques et les virages observés est d'ailleurs très mauvaise dans les cas du nickel et du cobalt.

réagir à température ordinaire du ferrocyanure de potassium sur des solutions de sels métalliques de concentrations moyennes, nous avons observé l'effet thermique développé au cours de la réaction suivant la méthode décrite dans une Note précédente [1].

Les courbes thermométriques obtenues, que nous reproduirons dans un Mémoire ultérieur, accusent des brisures très nettes marquant la fin de chaque précipitation. Elles nous ont permis d'attribuer (Tableau I) des formules simples aux ferrocyanures de plomb, d'argent, de zinc et de fer, en accord avec les résultats des auteurs cités plus haut. En ce qui concerne les sels de nickel, cuivre, cobalt et cadmium (Tableau II), les points de virage thermique, bien que très nets, ne correspondent plus à des compositions simples. Lorsqu'on verse du ferrocyanure de potassium dans du sulfate cuivrique, la discontinuité thermométrique a lieu pour une composition globale du précipité correspondant à la formule $Cu^3K^2[Fe(CN)^6]^2$; en versant, au contraire, le sel cuivrique dans le ferrocyanure, le précipité contient moins de cuivre et répond à la formule $Cu^4K^4[Fe(CN)^6]^3$. Ces résultats sont compatibles avec ceux de Müller et Wegelin obtenus par analyse chimique indirecte et suivant lesquels le précipité est un mélange dont la composition dépend de la quantité des réactifs engagés. Quant aux formules globales des sels de nickel, cobalt et cadmium, elles seraient, d'après nos mesures, toujours intermédiaires entre $MeK^2Fe(CN)^6$ et $Me^4K^4[Fe(CN)^6]^3$, que la précipitation soit effectuée dans un sens ou dans l'autre. C'est pourquoi, généralisant les conceptions de E. Müller, nous estimons qu'il y a lieu de considérer ces derniers produits cemme des mélanges homogènes (solutions solides) de composition globale variable suivant les conditions de précipitation.

En résumé, la présente étude montre que dans le cas des précipitations simples, la méthode thermométrique conduit aux mêmes résultats et bien plus rapidement que les autres méthodes d'analyse indirecte chimiques ou physicochimiques. La netteté des virages thermométriques permet, en outre, de résoudre les cas complexes avec autant de certitude que la potentiométrie tout en utilisant des réactifs aux concentrations habituellement employées en chimie analytique.

---

(1) P. Mondain-Monval et R. Pâris, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1154.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la potasse ou de la soude sur l'acide germanoformique*. Note de M. **Arakel Tchakirian**, transmise par M. G. Urbain.

Suivant les principes fondamentaux exposés par M. G. Urbain [1], j'ai montré dans des études précédentes qu'il est possible de rapprocher l'acide germanoformique (hydroxyde germaneux) de l'acide formique, et j'ai proposé [2] pour ces deux corps les formules coordinatives :

$$\left[\mathrm{Ge}^{+\mathrm{II}}{\textstyle\begin{matrix}/\!\!/\mathrm{O}\\ \backslash\underline{\mathrm{OH}}\end{matrix}}\right]\mathrm{H} \quad \text{et} \quad \left[\mathrm{C}^{+\mathrm{II}}{\textstyle\begin{matrix}/\!\!/\mathrm{O}\\ \backslash\underline{\mathrm{OH}}\end{matrix}}\right]\mathrm{H},$$

dans lesquelles le germanium et le carbone constituant les noyaux centraux des complexes sont tricoordonnés et électrodivalents positifs.

Les résultats de travaux récents m'ont permis, comme nous le verrons dans cette étude, d'étendre les rapports d'homologie établis entre le germanium et le carbone, au silicium et en partie à l'étain.

J'ai constaté que si l'on traite l'acide germanoformique par une solution de potasse ou de soude à 50 pour 100, il y a formation du métagermanate alcalin avec dégagement d'hydrogène, et de petites quantités de germanométhane et de germanium (pour chacun de ces deux derniers corps 1 à 2 pour 1000).

Le terme de la réaction, qui est atteint à la température ordinaire en 30 ou 40 jours, peut l'être en 2 heures en opérant à 100°.

On peut admettre qu'en milieu alcalin et à chaud, le germanoformiate de sodium, en présence d'un excès de soude, subit une décomposition analogue à celle des formiates et silicoformiates alcalins, pour donner naissance au métagermanate alcalin et à de l'hydrogène :

$$\left[\mathrm{Ge}^{+\mathrm{II}}{\textstyle\begin{matrix}/\!\!/\mathrm{O}\\ \backslash\underline{\mathrm{OH}}\end{matrix}}\right]\mathrm{Na} + \mathrm{NaOH} \;=\; [\mathrm{Ge}^{+\mathrm{IV}}\underline{\underline{\mathrm{O}^3}}]\mathrm{Na}^2 + \mathrm{H}^2.$$

La libération d'hydrogène montre que la réaction précédente est une réaction d'oxydation.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, **51**, 1932, p. 853, et **54**, 1933, p. 637; *J. Chim. phys.*, **29**, 1932, p. 325; *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1993.

(2) *Bull. Soc. chim.*, **51**, 1932, p. 846.

En effet, on peut supposer que deux des électrons de germanium, qui figurent dans le premier membre, sont captés par les deux ions hydrogènes pour former la molécule, le germanium qui était électrodivalent positif devenant électrotétravalent positif.

Dans les mêmes conditions on observe avec l'oxyde GeO les mêmes phénomènes. Il se forme probablement en milieu alcalin et à chaud du germanoformiate de sodium suivant la réaction :

$$Ge^{+II}O + NaOH = \left[Ge^{+II}\begin{matrix}\diagup\!\!\!\diagup O \\ \diagdown OH\end{matrix}\right]Na$$

comme l'a souligné M. G. Urbain dans le cas de la formation du formiate alcalin à partir de l'oxyde de carbone et de la potasse.

La formation de petites quantités de germanométhane et de germanium peut être due aux réactions secondaires suivantes : le germanoformiate de sodium suivant une réaction d'oxydo-réduction fournit, de même que le stannite de sodium, du métagermanate de sodium et du germanium :

$$2\left[Ge^{+II}\begin{matrix}\diagup\!\!\!\diagup O \\ \diagdown OH\end{matrix}\right]Na = [Ge^{+IV}O^3]Na^2 + Ge^0 + H^2O.$$

L'atome de germanium de l'une des deux molécules du complexe, perdant deux électrons, devient électrotétravalent positif, les deux électrons libres sont captés par le germanium de l'autre molécule qui devient ainsi zérovalent.

Par suite de la simultanéité des réactions mentionnées ci-dessus, le germanium et l'hydrogène tous deux à l'état naissant donneraient du germanométhane :

$$Ge^0 + 2H^2 = Ge^{-IV}H^4.$$

Cette dernière réaction rapproche le germanium de l'arsenic et de l'antimoine.

On remarquera que, contrairement à l'hydroxyde stanneux, pour les acides formique, silicoformique et germanoformique, l'hydrogène, figuré dans l'intérieur du crochet, possède cette particularité qu'il peut être libéré par les alcalis.

Il possède en plus la propriété d'être substitué par les radicaux alcoyles et aryles.

A côté des composés alcoylés et arylés correspondant du carbone qui sont tous connus, on peut citer l'existence des dérivés : acides méthyl-,

éthyl-, propyl- et phénylsiliconnoniques (1), les anhydrides éthyl-, tolyl-, benzyl- et phénylgermannoniques (2), et les acides méthyl-, éthyl-, propyl-, isopropyl-, phényl-, benzyl- et dichlorométhylstannoniques (3).

Suivant les faits expérimentaux que nous venons d'exposer, il semblerait que l'hydroxyde stanneux est le terme de transition entre les acides du type formique et les hydroxydes basiques.

CATALYSE. — *Sur un catalyseur pour la production d'acide azotique par oxydation de l'ammoniac.* Note de M. **Louis Marmier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le catalyseur que nous avons employé était de la pouzzolane recouverte d'une couche mince d'un métal ou d'un oxyde métallique. Pour préparer, par exemple, de la pouzzolane platinée, on plonge successivement la pouzzolane dans des solutions de chlorure de platine et de chlorhydrate d'ammoniac; on fait le vide pour imprégner de liquide les pores de la pouzzolane; celle-ci est ensuite séchée, puis grillée un instant.

La pouzzolane ainsi préparée est portée à une température convenable; à travers elle, on fait passer le mélange, en proportions choisies, d'ammoniac et d'air. Au sortir du catalyseur, les gaz traversent un réfrigérant, puis quatre petits Gay-Lussac hauts de 1^{m}.

Dans ces conditions d'expériences, la pouzzolane platinée m'a donné en 24 heures de $3^{kg},2$ à 7^{kg} de NO^3H par gramme de platine présent.

Divers métaux peuvent remplacer le platine sur la pouzzolane. Par rapport aux poids de NO^3H fournis par une même quantité d'ammoniac, les métaux essayés se classent dans l'ordre suivant : le fer donne le minimum, puis viennent le strontium, l'uranium, le manganèse, le cérium, le molybdène; ensuite le tungstène et enfin, presque à égalité, le platine et le chrome.

Avec la pouzzolane platinée ou chromée, nous avons recueilli 33 à

---

(1) J. A. Meads et F. S. Kipping, *Chem. Soc.*, **105**, 1914, p. 679, et **107**, 1915, p. 459.

(2) W. Orndorff et Tabern, *J. Am. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 2512; Flood, *J. Am. Chem. Soc.*, **55**, 1933, p. 4935.

(3) Meyer, *Ber. d. chem. Ges.*, **16**, 1833, p. 442; Pfeiffer et Lenhardt, *Ber. d. chem. Ges.*, **36**, 1903, p. 1054; Pope et Peachey, *Proc. roy. Soc. London*, **72**, 1903, p. 7; Druce, *Chem. News*, **120**, 1920, p. 229; *J. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 1859; M. Lesbre et Mlle G. Glotz, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1426.

45 pour 100 du poids de NO^3H correspondant théoriquement à la formule

$$NH^3 + O^4 = NO^3H + H^2O.$$

Le chrome nous a donné les plus grands poids de NO^3H. Dans l'appareil de laboratoire ci-dessus indiqué, nous avons eu, avec la pouzzolane chromée, 2000 à 2500^g de NO^3H dans des expériences de 25 heures consécutives.

En ozonisant l'air, les rendements sont peu modifiés et leurs augmentations éventuelles ne compensent pas la dépense d'énergie faite dans l'ozoneur. Toutefois en faisant passer à froid sur de la pouzzolane brute (non recouverte de métal) un mélange d'ammoniac et d'air (ou d'oxygène) ozoné, la production d'acide nitrique, déjà commencée dès le contact des deux gaz, augmente notablement.

D'après ces expériences de laboratoire, la pouzzolane chromée pourrait être employée, en cas de besoin, comme catalyseur pour la production de l'acide azotique par oxydation de l'ammoniac.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation alcaline du β-glucoheptose.* Note de Mme **Yvonne Khouvine**, présentée par M. G. Bertrand.

Nous avons montré ([1]) que l'*α-d*-gluco-heptulose donne, par réduction avec l'amalgame de sodium et l'acide sulfurique, de l'α-glucoheptite et de l'*α-d*-glucoheptulite ([2]). Ce dernier alcool n'est pas prévu par la théorie, et sa formule de constitution ne peut être donnée.

Il serait possible d'en expliquer la formation par une transposition moléculaire inattendue, soit au cours de l'isomérisation alcaline de l'aldose en cétose, soit au cours de la réduction du cétose.

C'est la première hypothèse qui nous a guidée dans l'étude de l'isomérisation alcaline du β-glucoheptose. Ce sucre, comme son isomère α, doit donner, si l'isomérisation est régulière, de l'*α-d*-glucoheptulose.

40^g de sirop neutre de β-glucoheptose contenant environ 28^g de sucre, sont délayés dans 200$^{cm^3}$ d'eau de chaux saturée à 37°. On laisse la réaction se faire à 27° et l'on en suit la vitesse au polarimètre.

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 985.

([2]) Les réductions de la lactone β-glucoheptonique ont été grandement facilitées par l'emploi de l'amalgame de sodium et de plomb préparé selon les indications de G. Bertrand et S. Delaunay-Auvray (*Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 6, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **53**, 1933, p. 1126).

La déviation, déjà positive après 1 heure et demie de contact, augmente rapidement et atteint son maximum en 36 heures.

On neutralise par SO^4H^2 dilué. On concentre dans le vide jusqu'à ce que le sirop pèse environ 70^g. On épuise ce sirop au bain-marie par de l'alcool méthylique (400^{cm^3}, 200^{cm^3} et 100^{cm^3}). On réunit les solutions alcooliques, qui laissent parfois déposer des cristaux, et l'on en chasse l'alcool par distillation dans le vide. Le sirop obtenu, additionné d'un peu d'alcool méthylique se prend rapidement en masse. Après une nouvelle cristallisation des eaux mères, on obtient environ 12^g de sucre cristallisé. Une deuxième isomérisation alcaline du résidu sirupeux et des eaux mères fait monter le rendement en cétose à 70,75 pour 100 de l'aldose mis en œuvre.

Le cétose ainsi préparé à partir du β-glucoheptose a un point de fusion, au bloc Maquenne, de + 173°,5. Sa dispersion rotatoire, mesurée dans un tube de 40^{cm}, pour une concentration de 2 pour 100, à la température de 20°, est pour les trois raies de mercure :

$$\alpha_{578} = +69°53', \qquad \alpha_{546} = +79°30', \qquad \alpha_{436} = +130°37'.$$

Or l'α-*d*-glucoheptulose, préparé par isomérisation alcaline de l'α-glucoheptose et purifié par cinq recristallisations, a un point de fusion de + 173° et une dispersion rotatoire de :

$$\alpha_{578} = +68°, \qquad \alpha_{546} = +78°42', \qquad \alpha_{436} = +128°54'.$$

De plus, le cétose du β-glucoheptose donne, par réduction de l'α-glucoheptite et de l'α-*d*-glucoheptulite.

On peut donc conclure que l'α et le β-glucoheptose donnent, par isomérisation alcaline, le même cétose : l'α-*d*-glucoheptulose, lequel n'est pas dû à une transposition moléculaire inattendue.

L'étude de divers facteurs, notamment de la température et de l'alcalinité, pendant la réduction du cétose par l'amalgame de sodium, nous apprendra peut-être s'il se produit un changement de constitution capable d'expliquer la formation de l'α-*d*-glucoheptulite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'iodo-4-pyrocatéchol.* Note de MM. **Ernest Fourneau** et **J. Druey**, présentée par M. Delépine.

Aucun des deux iodo-pyrocatéchols n'a été décrit. Quelques essais ont cependant été tentés pour les obtenir. Cousin (1) a étudié l'action de

(1) *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 13, 1898, p. 497.

l'iode sur le pyrocatéchol suivant deux méthodes : 1° action de l'iode et de l'oxyde jaune de mercure sur le pyrocatéchol, en solution éthérée; 2° action d'un mélange d'iodure et d'iodate de potassium sur une solution aqueuse de pyrocatéchol, additionnée d'acide acétique. Les résultats ont été négatifs.

Jackson et Boswell ([1]) ont étudié l'action du chlorure d'iode (ICl) sur le pyrocatéchol, mais ils n'isolèrent que deux corps fortement polymérisés : $C^{30}H^{19}O^{10}Cl^8I^3$ et $C^{18}H^{10}O^6Cl^7I$.

L'iodogaïacol ainsi que l'iodovératrol ont été préparés, mais les essais de déméthylation par des hydracides et le chlorure d'aluminium ramènent au pyrocatéchol par enlèvement de l'iode ([2]).

Nous avons préparé l'iodo-4-pyrocatéchol par les réactions suivantes :

$$C^6H^4.(OH)^2 \xrightarrow{a} C^6H^4.O^2CO \xrightarrow{b} NO^2.C^6H^3.O^2CO \xrightarrow{c} NO^2.C^6H^3.(OH)^2$$
$$\xrightarrow{d} NO^2.C^6H^3.(O.CO.CH^3)^2 \xrightarrow{e} NH^2.C^6H^3.(O.CO.CH^3)^2$$
$$\xrightarrow{f} I.C^6H^3.(O.CO.CH^3)^2 \xrightarrow{g} I.C^6H^3(OH)^2.$$

L'éther carbonique du pyrocatéchol (*b*) a été préparé suivant les indications données par Einhorn et Lindenberg ([3]). Son dérivé nitré ([4]), saponifié par l'eau chaude, fournit le nitro-4-pyrocatéchol ([4]). Le dérivé diacétylé a été décrit par Balaban ([5]) et Van Erp ([6]). Balaban ([5]) a également décrit l'aminodiacétylpyrocatéchol qui est la matière première ayant servi pour préparer le dérivé iodé ([7]).

Iodo-diacétylpyrocatéchol (*f*). — $8^g,4$ d'aminodiacétylpyrocatéchol dissous dans 10^g d'acide chlorhydrique à 35 pour 100 ($2^{mol},5$) + 20^{cm^3} d'eau, sont diazotés par 3^g de NO^2Na en solution aqueuse à 20 pour 100. On ajoute, peu à peu, en agitant, à la solution du diazo, une solution aqueuse concentrée de $7^g,5$ d'iodure de potassium. L'azote se dégage et un corps

---

(1) *Am. Chem. J.*, 35, 1906, p. 522.

(2) Tassilly et Leroide, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 1, 1907, p. 930.

(3) *Ann. der Chem.*, 300, 1898, p. 141.

(4) D. R. P. 264.012 (Friedlander II, 192).

(5) *J. Chem. Soc. London*, 1929, p. 1092.

(6) *Ber. deutsch. chem. Gesells.*, 64, 1931, p. 2814.

(7) Nous avions d'abord essayé, mais sans succès, d'ioder directement le carbonate et le dérivé diacétylé. D'autre part, nous n'avons pu obtenir le nitro-4-diacétylpyrocatéchol par nitration du dérivé diacétylé qui ne conduit qu'à un mélange de produit non nitré, de dinitré et de composés partiellement saponifiés (voir Nietzki et Moll, *Ber. d. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 2183; Kehrmann et Prunier, *Helv. Chim. Acta*, 7, 1924, p. 984.)

résineux noir se sépare. Après avoir ajouté 2^g d'acétate de sodium, pour neutraliser l'excès d'acide, on chauffe légèrement au bain-marie pendant deux heures. Pour éliminer l'iode formé pendant la réaction, on ajoute quelques centimètres cubes de solution diluée de bisulfite de sodium, puis on extrait plusieurs fois à l'éther. L'éther est lavé deux fois avec de la soude 1/2 N en refroidissant par de la glace (les groupes acétylés étant facilement saponifiés par la soude), puis avec de l'eau. On chasse l'éther après l'avoir séché sur du sulfate de sodium. Le résidu est distillé dans le vide. L'iododiacétylpyrocatéchol passe à 148-150° sous 0^{mm},8. Rendement : 2^g,8 de produit distillé, soit 17,5 pour 100. Liquide très dense, de couleur jaune. Il est soluble dans tous les solvants organiques, très peu dans l'éther de pétrole; insoluble dans l'eau froide, très peu dans l'eau chaude.

Iodopyrocatéchol [1]. — Le mélange suivant : 5^g d'iododiacétylpyrocatéchol, 33$^{cm^3}$ d'alcool méthylique, 5^g ClH conc., est chauffé à reflux pendant 1 heure et demie. La liqueur se colore en rouge. Après refroidissement, on neutralise avec une solution concentrée de bicarbonate de sodium et l'on extrait à l'éther jusqu'à ce que la liqueur aqueuse ne donne plus de coloration avec Cl^3Fe. L'éther est séché avec du sulfate de sodium et évaporé. Le résidu liquide cristallise au bout de quelques jours, ou instantanément si l'on possède une amorce. Rendement 3^g,1 de produit brut. On peut l'extraire avec de l'éther de pétrole, Eb. = 40-60°, duquel des feuillets presque incolores, F = 92°, cristallisent en petite quantité, mais il est préférable de recristalliser le produit brut dans le tétrachlorure de carbone, 2^g,5 de produit brut sont dissous dans 20$^{cm^3}$ de CCl^4 à l'ébullition; on sépare un résidu résineux. Par refroidissement du liquide, 1^g,6 de cristaux (feuillets) se déposent que l'on recristallise encore deux fois F = 92°. Dosage d'iode : trouvé 54,5 pour 100. Calculé 54,0 pour 100.

Le composé semble exister sous deux formes; l'une fond à environ 50°; l'autre à 92° (le dérivé chloré correspondant du pyrocatéchol est également dimorphe) [1]. Paillettes très solubles dans l'alcool, l'éther, l'acétone; un peu moins dans l'eau, le benzène, le chloroforme, peu solubles dans le tétrachlorure de carbone à froid; très peu dans l'éther de pétrole. Dans un vide de 0^{mm},8 ce composé peut être sublimé vers 70-100° (température du bain d'huile). Avec Cl^3Fe, coloration verte, devenant rouge avec du carbonate de sodium, et rouge violet avec le bicarbonate.

---

(1) Voir Willstätter et Müller, *Ber. deutsch. chem. Gesells.*, 44, 1911, p. 2183.

LITHOLOGIE. — *La succession des éruptions permiennes dans les Vosges (Niedeck).* Note de M. **A. Sakaé Mihara**, transmise par M. L. Cayeux.

L'époque permienne fut marquée en Alsace par une grande activité volcanique et les sédiments de l'époque nous ont conservé, à côté de tufs et de cinérites résultant de l'accumulation de produits d'explosion (Couche de Mäusebuckel de la région de Villé), d'importantes coulées de lave.

Ces coulées, dans la région de Niedeck, sont subhorizontales et reposent en discordance sur les schistes dévoniens redressés; elles sont surmontées par le grès des Vosges qui les recouvre en concordance. En se basant sur l'analyse chimique, il semble qu'il faille distinguer, dans l'émission des laves, deux époques : un premier paroxysme caractérisé surtout par la fréquence et le nombre des phénomènes explosifs et auquel correspond une émission de laves très acides (formation inférieure), un second paroxysme à caractère explosif moins accentué et au cours duquel furent émises de grandes épaisseurs de lave relativement basique (formation supérieure). Les deux formations sont séparées par un conglomérat et un grès-arkose.

La formation inférieure débute par une brèche volcanique dans laquelle se trouvent repris des blocs d'une rhyolithe plus ancienne (antepermienne) en tout analogue aux rhyolithes d'Eftermatten et du Rosskopf sur le bord du massif granitique du Champ du Feu. Elle comporte plusieurs coulées, de nuance claire (gris clair, violet clair) et de faible épaisseur, noyées dans un ensemble qui ressort du tuf ou de la cinérite. Très acide (82,84 pour 100 de SiO^2), la lave met en évidence des gouttelettes de quartz visibles à l'œil nu; au microscope, on y décèle peu de feldspath et d'éléments ferromagnésiens. La composition chimique de la lave varie : les coulées les plus inférieures (A), de teinte gris clair, sont plus riches en soude, les supérieures (B), d'un gris violacé, plus potassiques.

	TiO^2.	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	MnO.	$+H^2O$.	
(B).	tr.	81,16	8,89	0,95	1,84	0,79	0,95	0,69	5,25	tr.	0,02	100,54
(A).	0,01	83,53	7,28	0,72	2,14	0,25	0,75	4,44	0,55	non	0,05	99,72

La formation supérieure, beaucoup plus sombre de teinte (rouge sombre, violet sombre), ne montre presque jamais de quartz visible à l'œil nu; on y observe de nombreux phénocristaux de feldspath et beaucoup de petits cristaux d'éléments ferromagnésiens altérés. La lave est nettement plus basique (73,69 pour 100 de SiO^2) et comporte deux coulées superposées (C et D) d'inégale puissance :

	TiO^2.	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	MnO.	$+H^2O$.	Total.
(D)...	0,25	73,25	11,84	3,15	0,73	0,73	1,32	0,80	7,75	non	0,59	100,41
(C)...	0,39	68,71	14,84	2,81	0,94	2,40	1,63	1,12	4,32	tr.	2,63	99,79

L'inférieure (C) ou « coulée principale » a une puissance d'environ 150^m; elle joue un rôle important dans la topographie de la région où elle ressort et forme corniche.

Il y a donc lieu de distinguer, pendant l'époque permienne, deux phases de l'activité volcanique dans la région du Niedeck : une première phase surtout explosive, avec émission de quelques laves très visqueuses; une deuxième phase accompagnée de quelques explosions et caractérisée par un magma relativement basique et très fluide qui a donné naissance aux épaisses coulées de lave de la formation supérieure. Entre ces deux phases paroxysmales, il y eut une période d'accalmie et d'érosion avec formation d'un conglomérat torrentiel où l'on retrouve inclus des galets de phtanites et de rhyolithes (rhyolithes d'Eftermatten et du Rosskopf), des éléments schisteux et des matériaux de nature granitique.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure géologique du socle cristallin et métamorphique de la Rivière Noire et du Haut Song Ma au Nord du parallèle de Dien Bien Phu (Tonkin occidental).* Note [1] de M. **Jacques Fromaget**, transmise par M. Ch. Jacob.

Cette région n'est autre que la terminaison septentrionale de l'*Indosinia* (Indochine médiane de Ch. Jacob; môle Cambodge-Bornéo des anciens auteurs : Fuchs, Suess et Lantenois). Considérée au Néotrias, cette extrémité de guirlande des Indosinides affecte la forme d'un coin de roches cristallines enfoncé entre : à l'Est, le Haut-Tonkin (massif cristallin du Fan Si Pan), dont le sépare le synclinal triasique de la Rivière Noire, et à l'Ouest, le Haut-Laos (massif granitique du Phou Nam Nhé) de l'autre côté de la profonde dépression synclinale du Haut-Laos [2].

Ce môle est partiellement recouvert par des formations peu ou pas du tout métamorphisées, plus récentes, les unes autochtones et les autres

---

(1) Séance du 1er octobre 1934.

(2) J. Fromaget, *Observations et réflexions sur la géologie stratigraphique et structurale de l'Indochine* (*Bull. Soc. géol. France*, 5e série, 4, 1934; à l'impression) et *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1236.

charriées. Il est, en outre, percé par des intrusions de roches, pour la plupart acides ou alcalines, dont la plus importante, de granites monzonitiques, constitue, au NNE et à l'E de Dien Bien Phu, le Phou Nong San Tam (2300m), nœud hydrographique entre les bassins du Fleuve Rouge, du Song Ma et du Mékong, et le plateau de Muong Phang.

Ce triangle de plus de 100km de hauteur N-S pour 70km de base sur le parallèle de Dien Bien Phu n'avait encore fait l'objet que de quelques itinéraires et seules les parties les plus cristallines avaient été mentionnées par L. Dussault (1).

Les résultats résumés ci-après ont été obtenus après six années d'observations, tant dans la région que dans d'autres de structure analogue : massif du Fan Si Pan, vallée du Nam Ti et bordure occidentale du massif du Haut Song Chay jusqu'au Fleuve Rouge.

Stratigraphiquement, les formations de cette partie de l'Indosinia se répartissent suivant trois grands systèmes : Archéen, Algonkien et Cambrosilurien qui, tectoniquement, correspondent aux orogénèses antéhuronienne, huronienne et calédonienne (Tonkinides).

1° *Archéen.* — Je lui attribue les masses les plus cristallines et les plus profondes, qui affleurent principalement en deux endroits :

a. Dans l'un d'eux (vallée du Nam Leuk au Sud de Laichau), deux écailles, coincées avec des schistes lustrés, des granites anthracolithiques et des schistes triasiques, sont constituées : l'une par des gneiss à sillimanite et des gneiss à deux micas et spinelle, l'autre par des gneiss et des micaschistes à deux micas et des gneiss et des amphibolites à grenat.

b. A l'Est de Dien Bien Phu, entre M. Hua et M. Ang, ce sont les parties les plus élevées de ce matériel qui affleurent; on n'y voit, en effet, que des micaschistes à deux micas et grenat et des micaschistes à grenat et tourmaline.

Toutes ces roches sont laminées et souvent même mylonitisées, mais complètement recristallisées; en quelques points les écrasements ont abouti à des séricitoschistes avec ou sans grenat et tourmaline.

2° *Algonkien.* — Les formations de ce système sont soit autochtones, soit charriées.

a. Les premières reposent, dans la région de Muong Ang, sur les micaschistes archéens; ce sont d'abord des schistes noduleux à biotite et séricite, avec lits de graphite, supportant des quartzites à deux micas; puis des cipolins à mica brun associés à de très rares amphibolites et à des gneiss basiques formés par des alternances de

---

(1) *Bull. Serv. géol., Indochine*, 10, II, 1921, p. 67.

quartz et de feldspath altérés avec pyroxène, mica noir et hornblende jaune clair. Ces formations bien cristallisées, mais moins métamorphisées que leur substratum, présentent les caractères de sédiments continentaux ou lentement transgressifs des séries de Chapa et de la rive gauche du Fleuve Rouge.

b. A la bordure occidentale, formant soubassement des plateaux de Ta Phing et de Sin Tiai, on voit, au-dessus des schistes lustrés du Cambro-silurien, une épaisse série métamorphique qui présente les mêmes caractères que la série de Muong Ang. Ce sont en effet des schistes à biotite et amphibole, des schistes amphiboliques avec actinote, diopside et hypersthène, des amphibolites, des pyroxénites et des cipolins, portant parfois les traces d'un laminage intense. Cette succession, poussée à l'O ou à l'ONO, se répète plusieurs fois et contient des intercalations amygdalaires, petits lambeaux de poussées arrachés soit à l'Archéen, soit au Cambrosilurien.

Ces formations *b*, indubitablement charriées, présentent aussi les plus grandes analogies avec celles de la série de Chapa, bien que leurs amphibolites, riches en actinote, semblent plutôt d'origine sédimentaire qu'éruptive. Elles apportent, en outre, la preuve que de puissants mouvements orogéniques se sont produits à la fin du Silurien, alors que le matériel huronien était déjà bien près d'être métamorphisé autant qu'il est aujourd'hui.

3° *Cambro-silurien*. — J'attribue à cette période des sédiments peu métamorphiques, intensément laminés, contenant quelques amygdales fortement étirées de formations plus anciennes et supportant l'Algonkien charrié. Ces formations nettement transgressives, affleurent bien à l'Ouest des plateaux de Sin Tiai et de Sonla.

Ce sont essentiellement des schistes lustrés à muscovite et séricite avec exceptionnellement un mica brun très clair; les autres minéraux, souvent abondants, sont détritiques (feldspath, tourmaline, zircon, sphène, etc.). On y connaît d'abord des arkoses noduleuses et séricitcuses avec lentilles exotiques de cipolins et d'amphibolites, des quartzophyllades, puis des schistes et des quartzites séricitcux, à nodules de quartz et de tourmaline, et enfin, à Muong Hua, une grande épaisseur de calcaires cristallins et laminés.

Ces formations sont autochtones, mais elles ont été traînées sur leur substratum au cours de la translation des nappes calédoniennes; elles sont tout à fait comparables aux schistes de Coc Xan et aux séries de Pei Ho et de la zone de Pakha.

A propos de l'existence possible de mouvements huroniens, un édifice de cet âge existe : il est accusé à la fois par une recristallisation générale des formations archéennes et algonkiennes et par la transgression cambrosilurienne; mais c'est là tout ce qu'on peut en dire.

GÉOLOGIE. — *Sur un niveau fossilifère du bassin potassique oligocène du Haut-Rhin.* Note de M. **François Quiévreux**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai signalé [1] ma découverte en juin 1933 d'un niveau fossilifère, riche en insectes et en plantes, dans un des petits lits argileux, contenus dans la couche inférieure de potasse du bassin potassique du Haut-Rhin, appartenant à l'Oligocène inférieur. Ce niveau se trouve à la partie supérieure de la seconde intercalation stérile, à partir de la base de la couche et a une épaisseur variant entre 3 et 6^{cm}. Il est fossilifère sur toute l'étendue du bassin potassique, soit sur une superficie de plus de 200^{km^2}.

La faible épaisseur de ce lit d'argile permet de supposer que son dépôt correspond à une seule et même crue. La rapidité avec laquelle ont dû être ensevelis, dans une vase très fine, les divers restes organiques, entraînés dans la lagune soit par l'eau, soit par le vent, et probablement aussi la forte teneur en sel des eaux de la lagune, permettent d'expliquer que les restes, échappant à la décomposition, aient conservé des détails d'une finesse souvent remarquable. Les insectes recueillis sont dans un état de conservation comparable à ceux des gisements d'Aix ou d'Oeningen. La faune, très riche en espèces, est constituée par le mélange d'une faune de marécage et d'une faune de forêt. Au point de vue climatique, la plupart des espèces paraissent appartenir, d'après leurs affinités avec les vivants, à une faune tempérée chaude, méditerranéenne. Toutefois quelques spécimens appartiennent à des genres qu'on ne retrouve plus actuellement que dans les pays tropicaux.

En mettant de côté certains groupes, pour lesquels les formes actuelles sont elles-mêmes fort incomplètement connues (Chalcidides par exemple), ces insectes fossiles appartiennent presque tous à des genres vivants. Il n'y a par contre presque jamais identité absolue avec une espèce actuelle; et, d'ailleurs, les caractères nécessaires pour conclure à cette identité manquent la plupart du temps.

Je donne ci-après la liste des déterminations obtenues jusqu'à présent, avec le concours bienveillant de MM. Jeannel, Berland, Laisne, Séguy, du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, de M. Handschin de Bâle, enfin de M. A. Seyrig.

---

(1) *C. R. s. Soc. géol. Fr.*, fasc. 14, 20 novembre 1933, p. 223.

Insectes. — Orthoptera : Eumastacinæ; Gryllidæ — Dermaptera : Forficulidæ — Psocoptera — Thysanoptera — Hemiptera : *Geocoris* sp., *Cyrtopeltis* sp., *Corixa* sp.; Lygæidæ; Cercopidæ; Fulgoridæ; Psyllidæ, *Psylla* sp., *Psyllopsis* sp.; Aphididæ, *Aphis* sp. — Neuroptera : Raphidiidæ; Osmylidæ — Lepidoptera — Coleoptera : Staphylinidæ, *Tachyporus* sp., *Aleochara* sp., *Atheta* sp.; Cucujidæ, *Læmotmetus* sp.; Tenebrionidæ; Anthicidæ; Curculionidæ — Hymenoptera : Ichneumonidæ, *Hemiteles* sp., *Plectiscus* sp., Braconidæ, *Microgaster* sp., *Chelonius* sp., *Alysia* sp., *Praon* sp., *Aphidius* sp.; Chalcididæ; Proctotrypidæ, *Belyta* sp.; Formicidæ; Ponerinæ; Hyménoptères supérieurs — Diptera : Tipulidæ, *Cyttaromyia Quievreuxi* Seguy, *Limnobia* sp., *Molophilus* sp.; Psychodidæ, *Psychoda* cf. *phalenoïdes;* Dixidæ, *Dixa* sp.; Culicidæ, *Aedes* sp.; Chironomidæ, *Tanypus* sp., *Chironomus* sp., *Tendipes* sp.; Ceratopogonidæ; Cecidomyidæ; Mycetophilidæ, *Phronia* cf. *basalis* Winn, *Fungivora* sp.; Sciaridæ, *Sciara* cf. *nervosa*, *Sciara* groupe *bicolor* Meigen; Trichoceridæ; Tabanidæ; Empididæ, *Tachydromyia* groupe *cursitans;* Phoridæ; *Agromyzidæ*, *Protonapomyza* gen. nov.; Drosophilidæ; Chloropidæ, *Oscinis* sp., Sciomyzidæ; Muscidæ. — Arachnides. — Mollusques : *Melania* sp., *Helicide* indéterminé (fossilisés en sel gemme).

Les dimensions des insectes présentent une constance remarquable, avec une taille comprise le plus souvent entre 2 et 3mm; beaucoup moins fréquents sont ceux dont la taille est comprise entre 1 et 2mm ou entre 3 ou 4mm; enfin ceux de dimension supérieure à 4mm sont rares. Cela paraît devoir être attribué à un classement mécanique résultant du transport. Les lieux où se rencontrent les insectes dans les exploitations minières sont distants de plusieurs kilomètres des bords de la lagune. La lagune elle-même devait constituer un milieu azoïque du fait de sa forte salure. On n'y retrouve nulle trace de la faune des eaux sursalées (*Ephydra*, *Artemia salina*, etc.). Je soulignerai également l'absence de tout organisme marin.

Le même niveau fossilifère renferme une flore montrant une végétation forestière, dont les affinités indiquent un climat tempéré chaud (Méditerranée, Californie, Afrique du Sud, Japon méridional). Cette flore présente certains traits archaïques et elle se rapproche beaucoup plus des flores éocènes que des flores miocènes; elle correspond toutefois à un climat déjà plus tempéré que le climat de l'Éocène.

Je donne ci-dessous la liste des déterminations obtenues. M. l'abbé Depape et Mlle A. Camus ont vérifié celles faites d'après des feuilles; Mrs. E. M. Reid a assuré celles des graines.

Conifères : *Podocarpus eocenica* Unger, *Widddringtonia antiqua* Sap., *Cupressus* cf. *lusitanica* Mill, *Thuya* sp., *Libocedrus salicornioïdes* Heer, *Libocedrus* cf. *decurrens* Torr.

Monocotylédones : Liliaceæ, *Brasenia ovula* Brong.; Potamogetaceæ, *Potomogeton* sp.; Gramineæ, *Chloris* sp.

DICOTYLÉDONES : Myricaceæ, *Myrica* sp.; Polygonaceæ, *Rumex* sp.; Chenopodiaceæ; Caryophylleæ, *Arenaria* cf. *peploïdes* Linn.; Lauraceæ, *Cinnamomum Scheuchzeri* Heer; Renonculaceæ, *Thalictrum* sp.; Myrtaceæ (?), cf. ? *Tristania littoralis*; Mimosaceæ, *Acacia inæqualis* Heer; Compositæ.

Les listes de déterminations ci-dessus sont encore fort incomplètes et l'exploration du niveau fossilifère se poursuit. Il est dès maintenant possible d'espérer qu'une étude détaillée de la faune fossile de la lagune potassique permettra d'accroître dans une large mesure nos connaissances sur les insectes du Tertiaire ancien et apportera peut-être aussi des précisions intéressantes sur la formation des dépôts de potasse.

MÉTÉOROLOGIE. — *Détermination de la quantité d'ozone contenue dans l'atmosphère, au voisinage de Shanghaï.* Note (¹) de M. **Pierre Lejay**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons commencé, en janvier 1932, des mesures régulières de la quantité d'ozone contenue dans l'atmosphère, en utilisant un spectrographe de Dobson et la méthode classique, dite méthode rapide (²), qui consiste essentiellement à comparer, dans le spectre ultraviolet du soleil, le rapport des intensités de radiations de longueur d'ondes différentes, l'une située dans la bande d'absorption de l'ozone, l'autre en dehors de cette bande, au rapport des intensités des mêmes radiations hors de l'atmosphère.

Nos clichés sont pris à Zo Sé, à 25^{km} au Sud-Ouest de Shanghaï.

Pour chaque détermination, nous avons utilisé deux couples de raies : 3264-3022 et 3232-3062 Å. Bien que les constantes du spectrographe n'aient pu encore être déterminées avec toute la précision désirable, à cause des conditions climatologiques dans lesquelles nous nous trouvons, les valeurs obtenues avec les deux couples ne différant entre elles que de quelques millièmes, et aucune variation systématique n'ayant pu être decelée en fonction de la distance zénithale du soleil, il semble que les constantes que nous avons adoptées ne doivent pas s'éloigner beaucoup des valeurs vraies. Une détermination précise de ces constantes, qui demandera un grand nombre de séries d'expériences pourra peut-être modifier légère-

(¹) Séance du 15 octobre 1934.

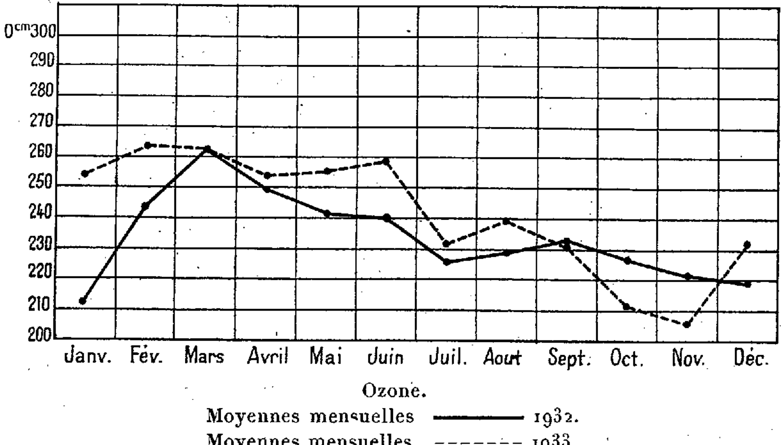
(²) G. M. B. Dobson, *Proc. Roy. Soc.*, A, **110**, 1926, p. 660; Fabry et Buisson, *Mémorial des Sc. phys.*, fasc. XI, 1930, p. 48.

ment les valeurs absolues conclues, mais ne saurait altérer l'allure de leurs variations, dont l'étude fera seule l'objet de cette Note.

L'examen des résultats conduit aux conclusions suivantes :

1° Il existe une variation annuelle (voir la figure); le maximum ($2^{mm},60$) a lieu vers février ou mars; le minimum ($2^{mm},10$) se trouve vers novembre. L'augmentation brusque en janvier est suivie d'une diminution lente qui se poursuit pendant tout le printemps et l'été. Cette dissymétrie de la variation annuelle ne se retrouve en aucune station de forte latitude nord, mais semble avoir déjà été trouvée en Égypte, dans une station située, comme nous, à 30° de l'équateur.

2° Autour de cette variation annuelle, nous trouvons de nombreuses variations accidentelles. Sans vouloir attacher trop de crédit à chaque irrégularité, individuellement, quelques erreurs ayant pu se glisser, bien que



Ozone.
Moyennes mensuelles ——— 1932.
Moyennes mensuelles - - - - - - 1933.

chaque cliché ait été mesuré plusieurs fois, par suite de défauts des plaques ou de poussières déposées sur le coin du spectrographe, l'ensemble donne des garanties suffisantes à quelques centièmes près.

L'examen de ces irrégularités met en lumière un fait qui nous semble très important : alors que les observateurs, en Europe et en Australie, notamment, ont constaté un minimum d'ozone au cours des anticyclones, nous trouvons ici un maximum prononcé, dans presque tous les cas, généralement lorsque l'anticyclone s'avance vers le Sud. En deux années nous ne voyons que quatre ou cinq exceptions contre une quarantaine de cas favorables.

Comme presque tous nos anticyclones descendent du lac Baïkal et, nous attaquant par le Nord-Ouest, provoquent généralement sur nos régions de

forts courants du Nord, une corrélation semblerait exister entre l'envahissement d'air polaire et l'augmentation de la quantité d'ozone, située, en grande partie, dans la haute stratosphère.

D'autre part, l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer les variations de la quantité d'ozone est sans doute d'admettre des déplacements de masses d'air dans les couches supérieures, où l'ozone se trouve en bien plus grande quantité au pôle ($0^{cm},350$ en hiver) qu'à l'équateur ($0^{cm},200$ toute l'année). Il en résulterait que nous pourrions trouver dans ces mesures une indication de relation entre des *mouvements généraux* de la très haute et de la basse atmosphère.

La contradiction qui existe entre nos résultats et ceux des autres observateurs s'expliquerait ainsi : les variations de la quantité d'ozone ne seraient pas liées à l'état actuel de l'atmosphère, mais à ses mouvements (1).

De même on trouverait dans cette hypothèse l'explication du fait d'apparence paradoxale que la quantité d'ozone est liée étroitement aux situations météorologiques, tout en restant indépendante de la pression au sol.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les causes de la résistance individuelle de cellules de microorganismes de même espèce soumises à l'action des rayons ultraviolets*. Note de M. **Jean Beauverie**, présentée par M. Molliard.

Nous avons montré (2) que des individus de microorganismes, bien qu'appartenant à une même espèce et placés dans des conditions de réception rigoureusement semblables vis-à-vis des rayons ultraviolets, ne subissent pas au même degré l'action de ces rayons, alors que les uns sont tués, d'autres ne manifestent qu'une altération temporaire et un retard de végétation, ou même, restent indemnes. Il va sans dire que cette disparité ne peut être observée que si l'on opère avec une énergie de radiation intermédiaire entre celle qui provoque la mort générale des individus et celle qui les laisse tous indemnes.

On doit se demander quelle est la cause de la résistance ou de la sensibilité individuelle. On en peut sans doute en invoquer plusieurs. Nous nous en tiendrons à l'une d'elles, plus facilement vérifiable; la nature des inclu-

---

(1) Les anticyclones de l'ouest européen ne sont souvent qu'une extention des hautes pressions du *sud-ouest* (anticyclone des Açores).

(2) J. Beauverie, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2017.

sions cellulaires, lesquelles peuvent absorber plus ou moins les rayons et protéger de ce fait la substance vivante. Une expérience avec la Levure de bière (*Saccharomyces cerevisiæ*) est particulièrement démonstrative.

Des expériences antérieures nous avaient montré que le phénomène de résistance individuelle est très sensible pour cette levure avec des irradiations de trois à cinq minutes. Nous nous servons d'une lampe Gallois à vapeur de mercure, haute tension 400 watts, 1500 volts; préparation dans l'eau sur lames de verre et sous cellophane pour avoir un étalement parfait et une seule épaisseur de cellules; distance des brûleurs, 30^{cm}.

Dans ces conditions, on irradie simultanément :

1° Des cellules d'une culture âgée d'un jour seulement (de moût de bière gélosé);

2° Des cellules d'une culture sur moût de bière liquide en pleine fermentation (âgée de 3 jours);

3° Des cellules d'une vieille culture (10 jours) sur moût de bière gélosée.

On ajoute ensuite la préparation du liquide de Ruszicka, solution très étendue de rouge neutre et de bleu de méthylène, qui permet de distinguer les cellules restées vivantes (vacuole colorée en rouge par le rouge neutre) des cellules mortes (entièrement verdâtres ou bleuâtres par le bleu de méthylène).

On constate alors pour :

1° 75 pour 100 de cellules tuées; 2° aucune cellule tuée; 3° 50 pour 100 de cellules tuées (les numéros 1°, 2° et 3° se rapportent à ceux du paragraphe ci-dessus).

Dans chaque cas on fait agir le Ruszicka sur des témoins non irradiés pour s'assurer que ce réactif n'exerce pas une action léthale propre.

Pourquoi des différences si caractérisées? Elles peuvent tenir, notamment : à l'état des gels cytoplasmique et nucléaire, à la nature, densité et volume du contenu vacuolaire, à l'état de la membrane cellulaire. Il était le plus facile d'examiner le cas du contenu vacuolaire qui, *a priori*, étant donné l'importance de la vacuole dans la levure de bière, devait jouer un rôle prépondérant. Or les différences sont manifestes dans les trois cas :

En faisant agir la solution de potassium iodurée, on constate que le glycogène est nul dans 1°; très abondant dans 2°; présent encore dans 3°, mais en bien plus faible quantité.

L'acide osmique montre que les globules lipoïdes sont absents dans 1° et dans 2°; ils existent finement ponctiformes et épars dans 3°.

Le bleu de Löffler fait apparaître des granulations de métachromatine

abondantes dans 1°, mais intravacuolaire dans une vacuole petite par rapport à la vacuole glycogénique énorme qu'on trouve dans 2°; dans 2°, la vacuole primitive à métachromatine a disparu, et les rares corpuscules métachromatiques sont refoulés par l'énorme vacuole à glycogène; dans 3°, on trouve les vacuoles à métachromatine avec corpuscules rares. Ces observations cytologiques cadrent parfaitement avec les faits mis en évidence par Guilliermond.

De ces rapprochements, un fait se dégage d'une façon frappante : les cellules les plus résistantes sont celles qui renferment le plus de glycogène, comme c'est le cas des cultures en pleine formation. A ce moment, la cellule est une vraie « glande à glycogène », suivant l'expression de Guilliermond. Cette substance leur communique d'ailleurs, à l'observation directe dans l'eau sans coloration, une grande réfringence et un aspect spécial où l'on n'aperçoit qu'une masse brillante sans distinguer vacuole et cytoplasma comme cela a lieu dans les autres cas. On sait, d'autre part, que ce glycogène inclus ne diffuse pas dans l'eau à travers la membrane, ce qui justifie notre montage dans l'eau. Ce glycogène apparaît après 20 ou 30 heures, dure toute la fermentation et disparaît avec celle-ci; il peut réapparaître plus ou moins et s'observe souvent dans les vieilles cultures, mais il y est toujours moins abondant que pendant la fermentation.

Il n'est pas douteux que ce soit le glycogène à l'état colloïdal qui masque et protège la mince couche cytoplasmique périphérique contre l'action léthale des rayons de courtes longueurs d'ondes. Les autres inclusions sont de trop faible importance pour exercer une influence de loin comparable.

En résumé, il y a un rapport direct entre la résistance de la levure de bière à l'action des rayons ultraviolets et l'abondance du glycogène dans les cellules. Cette substance à l'état colloïdal, en absorbant ces rayons, protège efficacement la mince couche cytoplasmique qui l'entoure, en s'interposant, dans une portion tout au moins, entre ces rayons et le cytoplasma. Ce cas particulièrement net, nous permet d'inférer que la nature des inclusions cytoplasmiques variant avec les conditions du métabolisme peut contribuer pour une large part à expliquer le fait de la résistance individuelle de cellules d'une même espèce de microorganisme soumises, dans des conditions par ailleurs égales, à l'action des radiations de courtes longueurs d'ondes.

PHYSIOLOGIE. — *Étude pharmacologique d'un réflexe conditionné.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. L. Lapicque.

La psychopharmacologie expérimentale est un domaine presque à peine abordé. On trouve en effet dans la littérature très peu de travaux à ce sujet. C'est D. I. Macht qui, avec ses collaborateurs ([1]), a apporté quelques notions précises, en s'adressant spécialement aux antipyrétiques. Avec Mora et puis avec Bloom, il a construit un labyrinthe circulaire et, ayant placé les Rats à l'intérieur de ce labyrinthe, il a noté le temps que ces animaux mettaient pour apprendre le chemin conduisant vers la nourriture placée au milieu de celui-ci. On les traitait ensuite soit avec des alcaloïdes de l'opium (Macht et Mora), soit avec des antipyrétiques (Macht et Bloom). Or il a été constaté qu'un grand nombre de ces produits avaient la faculté de troubler la mémoire, de sorte que, suivant l'intensité de leur action, les erreurs commises par les animaux pour atteindre leur but augmentaient plus ou moins.

Ayant à notre possession un certain nombre d'antipyrétiques nouveaux très puissants ([2]), préparés par M. Fourneau et ses élèves, il nous a semblé intéressant de reprendre ces expériences de psychopharmacologie et nous nous sommes adressé spécialement aux réflexes conditionnés, car grâce à l'observation précise des réflexes et de leur disparition, il devient possible d'apprécier le moment exact où le corps étudié commence à agir.

Nous avons utilisé, pour provoquer un réflexe conditionné, une méthode analogue à celle qu'a décrite L. H. Warner ([3]).

Une boîte est séparée en deux par une petite barrière transversale de faible hauteur. Le sol est formé de fils de cuivre tendus parallèlement dans le sens de la largeur, distants de 1^{cm} et reliés alternativement à chacun des pôles d'une bobine. On peut faire passer à volonté le courant d'induction soit dans l'une, soit dans l'autre moitié du sol. Pour échapper au choc électrique, l'animal doit sauter par-dessus la barrière. Si à cette excitation électrique, on associe un bruit, l'animal apprend à associer le son avec l'excitation électrique. Après un temps relativement court de dressage, le

---

([1]) D. I. Macht et C. F. Mora, *Journal Pharmacol.*, **16**, 1921, p. 219; D. I. Macht et W. Bloom, *ibid*, **17**, 1921, p. 21.

([2]) J. Sivadjian, *C. R. Soc. Biol.*, **114**, 1933, p. 868.

([3]) L. H. Warner, *J. of gener. Psychol.*, **41**, 1932, p. 57, 91.

fonctionnement de l'appareil sonore seul suffit à déterminer l'animal à sauter d'un compartiment à l'autre sans qu'il y ait d'excitation électrique. Nous avons réalisé un tel appareil et l'avons relié au chariot de Du Bois-Reymond. L'excitation inconditionnée est donc constituée par le choc du courant d'induction et l'excitation conditionnelle par le bruit rythmé que produit le trembleur mis à osciller selon sa plus grande période. Voici quelques expériences typiques :

Un rat ainsi dressé, pesant 300^g, reçoit 15^{mg} de chlorh. de diéthylamino-méthyl-3-benzodioxane, soit 5^{mg} par 100^g d'animal (toutes nos injections ont été faites par voie sous-cutanée). Nous vérifions de temps à autre l'état du réflexe conditionné. Quarante minutes plus tard l'animal ne fait plus aucun mouvement au son du trembleur. Après deux jours de repos, nous recommençons l'expérience sur le même rat, qui reçoit le même produit à raison de 4^{mg} par 100^g. Au bout d'un quart d'heure, le réflexe existe partiellement; l'animal ne répond à l'excitation auditive que d'une façon irrégulière. Quarante-cinq minutes après il n'y répond plus du tout.

Un autre rat de même poids reçoit du chlorh. de pipéridinométhyl-3-benzodioxane à la même dose. Le réflexe disparaît 20^m après. Deux jours plus tard, répétition de l'expérience dans les mêmes conditions et disparition du réflexe au bout de 25^m. Si à ce moment on envoie un choc électrique, les animaux se comportent absolument comme des neufs; ne sachant plus comment échapper à l'excitation, ils se tournent et se retournent dans le même endroit, sans songer à passer dans le compartiment voisin. Par ailleurs, nos animaux se comportent d'une façon absolument normale sous tous les autres rapports, et ils mangent avec appétit dès qu'on les met dans leur cage. Ils ne montrent aucun signe apparent de dépression.

Les propriétés hallucinogènes de la mescaline sont bien connues. Elles ont été mises à profit par un certain nombre de psychologistes pour étudier chez l'homme expérimentalement le problème des hallucinations, mais à notre connaissance, un tel essai n'a jamais encore pu être fait chez l'animal. Notre méthode de psychopharmacologie nous a permis aussi précisément d'aborder ce problème et voici comment : un rat reçoit à 3^h10^m 30^{mg} de sulfate de mescaline, soit 10^{mg} par 100^g. Le réflexe se conserve absolument intact pendant toute la durée de l'expérience. Mais ce qui est intéressant, c'est qu'à partir de 4^h30^m, soit exactement 1^h20^m après l'injection, on assiste à des phénomènes hallucinatoires. Normalement, lorsqu'on fait entendre à l'animal le bruit du trembleur, il change de compartiment avec une certaine précipitation, mais sans exécuter des sauts brusques, qui n'existent que lorsqu'il reçoit le choc dans son corps. A ce moment

d'ailleurs, le passage du courant lui fait pousser un cri de douleur. Or, à partir de 4^h30^m, si en même temps qu'on lui fait entendre le bruit du trembleur, on lui envoie un choc d'induction, l'animal sursaute et crie comme d'habitude, mais dès cet instant, si l'on répète le bruit, sans l'accompagner du choc, l'animal fait des bonds sur place tout en poussant des cris, comme s'il venait de recevoir le choc électrique. Huit jours après on répète l'expérience sur le même animal et l'on obtient le même résultat. On peut supposer qu'en entendant le bruit du trembleur, le rat, devenu sujet à des hallucinations, sent dans son corps le choc et en perçoit la douleur. Ce phénomène dure une demi-heure environ, puis disparaît, tout en laissant intact le réflexe conditionné.

CULTURE DES TISSUS. — *Aspect physiologique de la transformation spontanée* in vitro *des fibrocytes en macrophages.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. F. Mesnil.

La transformation des fibrocytes en macrophages, signalée par A. Carrel et A. H. Ebeling (1926), et Albert Fischer (1927), a été observée depuis par plusieurs auteurs sous quelques-uns de ses aspects. J'ai suivi longuement à l'état vivant, puis analysé de nombreuses colonies de fibrocytes issus de diverses souches de cœurs d'embryons du Poulet de huit jours, se transformant spontanément en macrophages.

Les fibrocytes, dans les cultures sans extrait embryonnaire et dont la croissance est arrêtée, peuvent *tous* se transformer de la périphérie de la zone de croissance vers l'explant en authentiques macrophages, soit individuellement, soit par le mode suivant, beaucoup plus général, dont quelques stades ont été suivis par R. C. Parker (1) ainsi que par E. Vaubel (2) sur un autre matériel. Les fibrocytes ou plus souvent les tractus anastomosés de fibrocytes entrent dans un état presque continuel d'instabilité morphologique. Ils émettent par toute leur surface une quantité de petits lobopodes qui apparaissent et disparaissent rapidement, forment un feston, s'étalent comme une goutte d'huile ou se disposent en disques à bord réfringent, parfois pédiculisés, dans lesquels de très fines gouttes de graisse peuvent être précipitées et agitées par le mouvement brownien. Le cytoplasme devient peu à peu aréolaire. On y voit s'ébaucher, s'effacer, se dessiner plus ou moins rapidement enfin, quelquefois seulement deux

(1) *The Journ. of experim. med.*, 55, 1932, p. 713-734.

(2) *The Journ. of experim. med.*, 58, 1933, p. 63-83.

jours après l'apparition des lobopodes, des masses globuleuses, homogènes, qui font hernie et se détachent parfois après plusieurs tentatives infructueuses. Ce sont des cellules qui, après divers phénomènes cytologiques, sont libérées sous l'état de macrophages dont elles acquièrent bientôt toutes les caractéristiques et qui se multiplient dès lors par caryocinèse. On assiste ainsi pendant plusieurs jours, entre quelques périodes d'état stationnaire, à l'*émission successive d'une série de macrophages*, jusqu'à ce que le fibrocyte ou le tractus fibrocytaire qui leur donne origine soit entièrement transformé. Pendant ces transformations il y a multiplication nucléaire par amitose (je reviendrai sur ce processus) comme l'ont déjà signalé quelques auteurs, mais jamais par caryocinèse. Bien souvent la transformation peut rester inachevée et être suivie de dégénérescence. Elle peut aussi être accélérée; par exemple des fibrocytes près de se transformer et disposés en membrane d'aspect épithélial, plongés dans du trypanobleu, peuvent s'individualiser d'emblée sous forme de macrophages, ce qui est à rapprocher des expériences de M. von Möllendorff (1).

Lorsque les cultures sans extrait d'embryon ont terminé leur croissance, il n'est pas possible d'y mettre en évidence des radicaux — S H, par la réaction de Hopkins au nitro-prussiate de soude (B. Ephrussi (2). Mais lors de la transformation en macrophages, cette réaction (3), même après action de l'acide trichloracétique, devient positive, montrant qu'il y a alors libération de groupements — S H protéidiques. Cette réaction est d'autant plus intense que la transformation est plus importante. Elle apparaît faiblement dès les stades à lobopodes : l'amitose, si elle joue un rôle dans la libération de ces radicaux, n'est donc alors pas ou pas uniquement en cause. E. Fauré-Fremiet (4), partant des travaux de Rapkine, a montré que le changement thixotropique de l'état quiescent à l'état actif des amibocytes de Nephtys et d'Arenicola, est accompagné d'une libération de radicaux — S H insolubles provenant vraisemblablement d'une dénaturation physiologique des protéines cellulaires. Il est permis

---

(1) *Z. f. Zellforsch. u. Mikr. Anat.*, **9**, 1929, p. 183-228; **12**, 1931, p. 274-283 et 559-578.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **105**, 1930, p. 697-699; **116**, 1931, p. 635-637; *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1763-1765.

(3) Réaction durable selon A. Giroud et H. Bulliard, *Bull. Histol. Appliq.*, **11**, 1934, p. 169-170.

(4) *Arch. Anat. Micros.*, **23**, 1927, p. 99-173; *Protoplasma*, **6**, 1929, p. 521-609; *Arch. f. Experim. Zellsforsch.*, **15**, 1934, p. 373-380.

de penser que la transformation en macrophages est un phénomène de même ordre, à certaines différences près (vitesse par exemple).

Il semble que le fibrocyte irréversible [N. Chlopin (1)] n'existe pas ou que la transformation en macrophages ne soit pas le fait d'une potentialité dévolue seulement à certains fibrocytes. Le macrophage a déjà été justement considéré comme un état physiologique et morphologique particulier (B. Ephrussi) ou comme représentant des variations extrêmes de fonction et de structure du même type de cellule (R. C. Parker). Il paraît bien être une cellule résultant du passage d'ordre thixotropique à l'état actif d'une cellule ou d'une partie du matériel cellulaire à l'état quiescent, en l'espèce le fibrocyte, ayant épuisé son énergie résiduelle de croissance et dont les protéines ont subi très probablement une dénaturation physiologique avec libération de groupements sulfhydrylés liés à des substances insolubles.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Vessie natatoire et variations du volume des Poissons.* Note de M. **Étienne Rabaud** et Mlle **Marie-Louise Verrier.**

Les déplacements verticaux des Poissons, si faibles soient-ils, auraient pour conséquence des variations du volume du corps des Poissons toujours appréciables, aux dires des auteurs, à la suite de Moreau (2). Suivant eux, ces variations traduiraient uniquement des variations du volume de la vessie natatoire. Cette opinion repose sur l'interprétation que Moreau donne de l'une de ses expériences, à laquelle il attribue une importance fondamentale. A cette interprétation, actuellement acceptée sans discussion, s'opposent les résultats que nous avons précédemment obtenus (3). Nous avons, depuis, repris l'expérience de Moreau avec un dispositif analogue : un flacon de 65^{cm} de haut, dont le goulot, assez large pour permettre l'introduction de Poissons, est percé de deux trous traversés chacun par un tube de verre. L'un des tubes permet d'ajouter de l'eau dans le flacon jusqu'à expulsion complète des bulles d'air. Le second tube est effilé à son extrémité libre, de manière à permettre de suivre plus facilement les variations du niveau de l'eau. L'expérience est des plus simples. Elle consiste à placer un Poisson à l'intérieur du flacon, que l'on remplit d'eau en ayant soin de chasser les bulles d'air, et à suivre à la fois les

(1) *Arch. f. Experim. Zellsforsch.*, 12, 1931, p. 11-85.
(2) A. Moreau, *Ann. Sc. nat.*, 6e série, 4, 1876, p. 1-84.
(3) *Bull. Biol. France-Belgique*, 68, 1934, p. 188-231.

mouvements du Poisson et les déplacements du ménisque dans le tube effilé.

Nous avons examiné comparativement 5 Girelles (*Julis Giofredi* Risso), dont 3 normales et 2 cystectomisées; 3 Congres (*Conger vulgaris* L.), 2 normaux et 1 cystectomisé; 4 Rascasses (*Scorpaena scrofa* L.) et 3 Roussettes (*Scyllium canicula* L.), ces deux dernières espèces étant normalement privées de vessie natatoire.

a. Dans le cas des Girelles, les résultats sont identiques, qu'il s'agisse d'individus normaux ou opérés. Nous avons observé des mouvements d'ascension ou de descente du niveau libre, correspondant :

1° à des mouvements brusques du Poisson, même si le mouvement est limité à la partie caudale, et en l'absence de tout déplacement vertical;

2° à des mouvements de montée et de descente rapides du Poisson. La montée correspond à une ascension du ménisque et inversement.

Des déplacements lents, horizontaux ou verticaux, quel que soit le niveau où ils se produisent, ne déterminent aucun changement de la surface libre de l'eau.

b. Le Congre, normal ou opéré, se déplaçant par mouvements ondulatoires lents, n'entraîne aucune variation sensible du niveau de l'eau. Ces mouvements étant habituels chez cette espèce, nous avons provoqué une activité plus marquée en plaçant les Congres, immédiatement avant l'immersion dans le bocal à expériences, dans une eau légèrement éthérisée et pendant le temps nécessaire pour arriver à la phase d'excitation qui précède l'anesthésie. Nous avons ainsi obtenu des mouvements ondulatoires plus rapides, des déplacements verticaux plus fréquents et plus amples. Les dénivellations du ménisque sont alors devenues très apparentes et toujours étroitement liées aux déplacements du Poisson.

Nous ne pouvons, dans le cadre de cette Note, donner exactement le volume d'eau déplacé. Cela, du reste, paraît superflu : le résultat qualitatif du phénomène seul importe; notons seulement que, dans un tube d'un diamètre intérieur sensiblement égal à 1^{mm}, le niveau varie entre 1 et 10^{mm}, et soulignons que l'amplitude des variations de ce niveau dépend beaucoup plus de la rapidité des mouvements du Poisson que de son propre volume, et reste le même chez l'individu cystectomisé.

c. La Rascasse est normalement une espèce peu active, se tenant le plus souvent immobile sur le fond. Chez elle, la phase d'excitation par l'éther est assez courte pour paraître inexistante. Nous n'avons pu observer que des déplacements sur le fond ou à quelques centimètres du fond, mais ils ont suffi à faire varier de 1 à 2^{mm} le niveau du ménisque.

d. La Roussette réagit comme la Rascasse à l'action de l'éther. Nous n'avons, en général, observé que des déplacements par mouvements ondulatoires très lents. Dans trois cas, les variations du ménisque ont été comparables à celles que produit la Rascasse. Une seule Roussette s'est comportée comme le Congre.

Ainsi Poissons à vessie natatoire, Poissons cystectomisés ou dépourvus normalement de vessie natatoire déterminent le même phénomène, qui ne varie quantitativement, d'un cas à l'autre, qu'en raison de l'activité de l'individu et sans que la vessie natatoire intervienne.

L'inscription graphique donnée par Moreau indique certainement des déplacements du niveau de l'eau, mais elle ne permet aucune analyse du phénomène. Cette courbe ne correspond qu'à un moment très court de l'expérience et à un seul mouvement du Poisson. Elle traduit une vague de fond, provoquée par ce même mouvement.

Les variations du volume du corps du Poisson ne sont appréciables que pour une dénivellation importante, comme nous l'avons précédemment montré dans le mémoire déjà cité. Ces variations se produisent aussi bien chez des Poissons à vessie natatoire ou dépourvus de vessie natatoire, normalement ou après opération. Les variations de la densité des Poissons, conséquences de ces variations de volume, ne sont donc pas déterminées par la vessie natatoire. De même en est-il du plan d'équilibre, sur lequel nous reviendrons très prochainement.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'utilisation du quartz piézoélectrique pour l'étude de certains phénomènes biologiques et notamment pour l'étude des variations de la pression du sang dans les vaisseaux.* Note [1] de MM. **Mauricio Gomez** et **André Langevin**, présentée par M. P. Langevin.

I. *Étude de la circulation du sang à l'aide d'un dispositif nouveau n'introduisant de perturbations, ni dans la vitesse d'écoulement du sang, ni dans le régime de pression variable.*

On connaît les tentatives faites jusqu'à ce jour pour obtenir une méthode permettant l'étude fidèle des variations de la pression du sang dans l'appareil circulatoire et notamment dans les artères. Ces tentatives ont été vouées à l'échec, car elles comportent des techniques susceptibles, toutes, de graves causes d'erreur. Ces causes d'erreur sont surtout au nombre de trois : 1° l'introduction de perturbations plus ou moins profondes dans le

(1) Séance du 22 octobre 1934.

régime même de la pression que l'on veut étudier (section du vaisseau, introduction d'un corps étranger dans sa lumière, écrasement du vaisseau à explorer etc.); 2° l'utilisation d'un moyen de transmission défectueux (conduite aux caractéristiques très variables, remplie d'un liquide dont la vitesse est nulle; déplacements d'un ressort ou autre organe dans les méthodes extravasculaires; transmission pneumatique etc.); 3° enfin, emploi d'appareils mécaniques doués nécessairement d'une inertie relativement considérable et d'une fréquence propre trop basse par rapport à celle que les phénomènes à étudier mettent en jeu.

Or, depuis quelques années, cette dernière difficulté a été vaincue grâce à l'emploi des propriétés piézoélectriques du quartz, et certains physiologistes, sur le conseil de l'un de nous, ont tâché d'appliquer ces propriétés à l'enregistrement de la pression artérielle en utilisant un dispositif analogue à celui utilisé par l'un de nous pour l'étude des coups de bélier.

Mais ces expérimentateurs n'ont pas réussi à éviter les premiers inconvénients, aussi graves à notre avis; de sorte que les tracés obtenus sont loin d'être la reproduction fidèle des variations de pression artérielle.

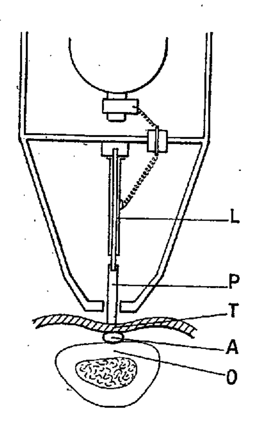
Pour remédier à toutes ces difficultés, réelles, nous avons mis au point un nouveau dispositif à quartz piézoélectrique, qui permet de se relier directemeut au vaisseau par l'intermédiaire d'un patin rigide faisant corps avec une lame de quartz disposée suivant la méthode de Curie. Les déformations de cet ensemble rigide sont parfaitement négligeables. Le patin P étant amené au-dessus du vaisseau A où règne la pression, il suffit alors de l'appliquer légèrement pour obtenir une transmission convenable de la pression, à condition, bien entendu, que les dimensions latérales du patin soient inférieures au diamètre du vaisseau. Nous avons vérifié que les tissus interposés entre le vaisseau et le patin n'introduisent aucune déformation visible, étant donné l'absence presque absolue de déplacement pour réaliser la transmission. Dans ces conditions, on ne modifie que de façon négligeable le régime d'écoulement du sang et par là même on ne modifie en rien le régime de pression variable que l'on veut étudier.

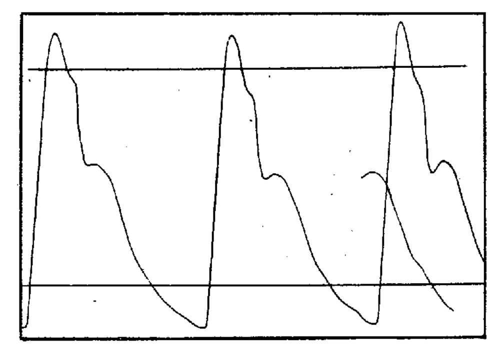
Pour éviter les réactions élastiques des tissus environnants, on les élimine au moyen d'un *anneau de garde* de grande surface, solidaire de la masse de l'appareil et complètement indépendant du patin de mesure. Le quartz, qui reçoit intégralement les variations de pression, est relié à la grille d'une lampe électromètre et ensuite à un amplificateur convenable à la sortie duquel se trouve un oscillographe à fréquence propre suffisamment élevée pour obtenir la reproduction parfaite du phénomène à étudier.

Les tracés ainsi obtenus donnent les variations en valeur exacte de la

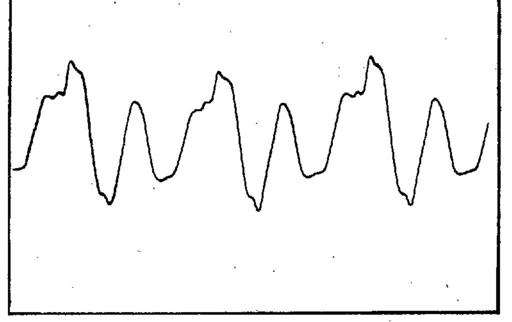
pression. Il y a bien pour l'étalonnage des courbes, nécessité de déterminer le coefficient de proportionnalité entre les déviations et la variation de pression correspondante; mais ce coefficient peut être mesuré une fois pour toutes, si aucune des constantes de l'appareil ne varie, à l'aide d'un dispositif permettant de fournir des pressions statiques connues.

A l'aide de cette méthode on peut étudier les variations de pression dans les points les plus variés de l'arbre artériel : artères carotide, sous-claviaire,





Piézogramme huméral physiologique.



Piézogramme d'une veine jugulaire.

axillaire, humérale, radiale, cubitale, temporale, fémorale, poplitée, pédieuse etc. De plus, la sensibilité étant réglable à volonté, on obtient aussi des tracés des variations de pression, beaucoup plus faibles, du sang dans les veines proches du cœur (jugulaires). Enfin, appliqué à la région précordiale, l'appareil enregistre fidèlement la courbe du choc du cœur dans les points les plus divers.

II. *Étude d'autres phénomènes biologiques.* — Le dispositif, tel qu'il a été conçu, permet aussi l'étude fidèle de beaucoup d'autres phénomènes : secousses, tremblements et trémulations musculaires; variations rapides de

pression dans certains organes et notamment dans le globe oculaire, etc. En somme, tous les phénomènes comportant une variation rapide d'effort ou de pression.

En définitive, cette méthode nous semble être non seulement correcte, mais encore d'une grande commodité puisqu'elle n'exige pas l'intervention sanglante. L'expérimentateur et le clinicien trouveront en elle, nous en sommes sûrs, un large champ d'exploration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Cytolyse de la cellulose.* Note de M. **Louis Lutz**, présentée par M. L. Mangin.

Pour faire suite aux expériences relatives à la dégradation des éléments de la membrane cellulaire par les Champignons, j'ai soumis la cellulose à l'attaque par le *Stereum purpureum*. J'ai choisi le coton cardé, de manière à traiter un produit n'ayant subi l'action d'aucun réactif chimique qui aurait pu provoquer son hydrolyse partielle.

Ce coton a été imbibé d'une solution des sels minéraux entrant dans la composition du milieu nutritif utilisé pour la culture des Hyménomycètes, puis stérilisé et ensemencé.

Les expériences ont été prolongées de 1 an à 3 ans.

L'examen microscopique à diverses époques et l'action des réactifs chimiques et colorants de la membrane ont fourni les résultats suivants :

Le coton, sous l'action de l'eau iodée, se colore d'abord en violet (hydrocellulose de Mangin), puis en rouge violacé, finalement en jaune. A ce stade, les fibres ont perdu toute consistance; elles sont fortement gonflées et craquelées et leur extrémité est transformée en une masse pâteuse, plus ou moins mamelonnée, également colorable en jaune par l'iode.

Le rouge de ruthénium et l'hématoxyline colorent fortement les parties gonflées ainsi que la masse pâteuse.

En même temps apparaît le pouvoir réducteur vis-à-vis de la liqueur de Fehling.

L'action du réactif de Nessler montre l'absence d'oxycelluloses.

A un stade plus avancé, la dégénérescence gommeuse a notablement progressé et a permis de recueillir une quantité appréciable de gomme.

Le liquide baignant le coton, recueilli par expression, réduit nettement la liqueur de Fehling et précipite par l'alcool à 95°. L'action de l'alcool bouillant, suivi de réfrigération, a permis d'y caractériser la présence d'une faible quantité de cellobiose.

Soumis à la défécation par l'acétate de plomb, il a fourni, d'une part, un liquide doué du pouvoir réducteur, recolorant le réactif de Schiff (aldoses), donnant avec l'indol en solution chlorhydrique une coloration brun acajou et avec le carbazol en solution sulfurique une coloration violette intense (hexoses). Le réactif de Tollens à la naphtorésorcine donne une coloration d'abord verdâtre, puis passant rapidement au brun acajou (dextrose et lévulose).

Le mélange d'osazones obtenu en partant du liquide privé de cellobiose se dissout faiblement dans l'acétone à 50 pour 100. Par concentration, on obtient des houppes de cristaux aciculaires fondant à 180° (point de fusion théorique de l'osazone du mélibiose).

Le résidu insoluble dans l'acétone, recristallisé dans l'alcool, fond à 209-210° (P. F. des osazones du glucose et du lévulose : 208°).

Le précipité obtenu par la défécation, décomposé par l'hydrogène sulfuré, précipite de nouveau par l'acétate de plomb, réduit la liqueur de Fehling, mais ne précipite pas par l'alcool, ne produit qu'un louche imperceptible par l'eau de baryte et ne donne aucune des réactions caractéristiques des gommes. Il renferme donc une substance intermédiaire entre les gommes et les sucres, mais différant cependant de la cellulose-dextrine de Willstätter.

L'hydrolyse de la gomme insoluble a fourni un mélange de dextrose et de lévulose, caractérisés par les réactions générales et par le point de fusion de leurs osazones.

De telle sorte qu'en résumé, l'attaque du coton par le *Stereum purpureum* a permis de caractériser les étapes suivantes de l'hydrolyse :

Cellulose, hydrocellulose, cellulose colorable en rouge par l'iode (érythrocellulose), cellulose colorable en jaune par l'iode (xanthocellulose), gommes insolubles, gommes solubles, substance intermédiaire entre les gommes et les sucres, bioses (cellobiose), monoses (dextrose, lévulose).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La valeur alimentaire de la mannite et de la sorbite, en rapport avec l'équilibre de la ration.* Note [1] de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Quoique préconisées dans le régime des diabétiques, la mannite et la sorbite sont encore d'un emploi restreint et leur valeur alimentaire reste discutée. Sans doute, une hyperglycémie (inférieure toutefois à celle produite par le glucose) se manifeste-t-elle après leur ingestion [2], de

[1] Séance du 22 octobre 1934.

[2] C. W. Field, *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, **17**, 1919, p. 29; M. Labbé, *Bull. Ac. Méd.*, **112**, 1934, p. 8.

même qu'on observe une mise en réserve de glycogène dans le foie (¹); mais le quotient respiratoire n'est que peu modifié et ces hexites se montrent, par ailleurs, incapables d'empêcher le choc insulinique (²). Les glucides que nous avions étudiés jusqu'ici se comportant très différemment selon la composition des rations utilisées (³), nous avons entrepris l'essai biologique de la mannite et de la sorbite, le pigeon étant choisi comme animal d'expérience en raison de sa grande sensibilité.

I. Dans une première série de recherches, des lots de pigeons adultes de 350^g environ, reçurent chaque jour, par gavage, 20^g du régime B de Randoin et Lecoq (⁴), additionnés ou non de 0^g,50 de levure de bière, source éprouvée de vitamines B, le poids et la température centrale étant déterminés quotidiennement.

Rappelons que le régime B comporte : caséine purifiée, 8; fibrine purifiée, 8; ovalbumine purifiée, 8; graisse de beurre, 8; saindoux, 18; hexite pure (mannite ou sorbite), 35; mélange salin d'Osborne et Mendel, 5; agar-agar, 8; papier filtre, 2.

Les survies moyennes des animaux observées dans les différents lots furent les suivantes :

Lot I : Régime à 35 pour 100 de mannite................	150 à 180 jours
Lot II : Même régime (mannite) + levure................	plus de six mois
Lot III : Régime à 35 pour 100 de sorbite................	20 à 30 jours
Lot IV : Même régime (sorbite) + levure................	plus de six mois

Les accidents polynévritiques, observés en l'absence de vitamines B, se trouvèrent particulièrement retardés, comme on voit, dans le cas du régime à 35 pour 100 de mannite. L'action complémentaire de la levure s'exerça aussi bien avec la mannite qu'avec la sorbite.

II. Dans une seconde série de recherches, des lots de pigeons adultes reçurent, toujours par gavage et à la dose de 20^g par jour, une variante du régime Randoin et Simonnet (⁵) comportant une très forte proportion d'hexites : 66 pour 100 et additionnée quotidiennement de doses variables de levure de bière desséchée, à savoir : 1, 2 et 4^g, le lot témoin s'en trouvant complètement dépourvu.

(¹) C. J. Karr, R. Musser, J. E. Schmidt et J. C. Krantz, *Journ. of biol. Chem.*, **102**, 1933, p. 721; G. Bertrand et P. Serbescu, *Bull. Ac. Méd.*, **112**, 1934, p. 13.

(²) C. Vœgtlin, E. R. Dunn et J. W. Thomson, *Journ. Pharmacol. and exp. Therap.*, **25**, 1925, p. 168; A. Raybaud et A. Roche, *Presse Médicale*, **42**, 1934, n° 9, p. 172.

(³) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 807, et **197**, 1933, p. 1155.

(⁴) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 444.

(⁵) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 903.

Rappelons que ce régime est constitué par : caséine purifiée, 6; fibrine purifiée, 5; ovalbumine purifiée, 5; graisse de beurre, 4; hexite pure (mannite ou sorbite), 66; mélange salin, 4; agar-agar, 8; papier filtre, 2.

Les survies moyennes des animaux se trouvent brièvement consignées dans le tableau ci-après :

Lot I	: Régime à 66 % de mannite		8 à 13 jours
Lot II	: »	+ 1g de levure	8 à 13 »
Lot III	: »	+ 2 »	8 à 13 »
Lot IV	: »	+ 4 »	8 à 15 »
Lot V	: Régime à 66 % de sorbite		17 à 28 »
Lot VI	: »	+ 1g de levure	17 à 30 »
Lot VII	: »	+ 2 »	25 à 50 »
Lot VIII	: »	+ 4 »	70 à 100 »

Dans tous les cas, les sujets succombèrent plus ou moins vite, qu'ils reçussent ou non une large proportion de levure de bière (bonne source de vitamines B), en présentant des accidents polynévritiques plus ou moins accusés. Tels sont précisément les caractères des substances qui, à fortes doses, entraînent l'apparition d'un déséquilibre alimentaire typique (1).

Conclusions. — 1° Entrant pour 35 pour 100 dans une ration riche en lipides, la mannite et la sorbite se montrent parfaitement utilisées par l'organisme du pigeon. Il semble même que le besoin de vitamines B soit grandement réduit dans le cas de la mannite, puisque des survies de 5 à 6 mois peuvent être obtenues en l'absence de celles-ci.

2° Par contre, la mannite et la sorbite, entrant pour 66 pour 100 dans la ration, deviennent une cause de déséquilibre alimentaire manifeste et entraînent la mort des animaux par accidents polynévritiques, même quand les vitamines B se trouvent ajoutées en large excès. Incorporée dans cette proportion, la mannite déséquilibre davantage le régime que la sorbite.

3° La valeur alimentaire de la mannite et de la sorbite apparaît ainsi en relation étroite avec l'équilibre de la ration.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1269.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 NOVEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur deux croquis concernant la capture éventuelle du Logone et ses conséquences pour le bassin du Tchad.* Note (¹) de M. **Jean Tilho.**

Ma Note précédente concernant cette capture (²) n'étant illustrée d'aucun croquis explicatif, je me fais un devoir de réparer cette omission afin de donner plus de clarté à mon exposé.

Le premier croquis est double : d'un côté il montre les positions relatives du Logone et du Mayo-Kabi, affluent de la Bénoué; de l'autre, celles de la Mahajamba et de la Betsiboka. Par cette juxtaposition, il est aisé de constater les analogies qui existent entre ces deux situations hydrographiques, étant bien entendu toutefois, qu'au point de vue de la précision géographique, aucune comparaison n'est possible entre elles.

Celle-ci, en effet, est déduite de la carte au 1/500000ᵉ du Service géographique de Madagascar; celle-là résulte d'un rudimentaire assemblage de levés d'itinéraires effectués à diverses époques par des opérateurs différents et d'inégale compétence. Tel quel, néanmoins, ce croquis permet de se rendre compte de la faible portion de territoire qu'il est nécessaire d'étudier avec soin. En outre, il laisse entrevoir les emplacements probables des zones les plus critiques pour le Logone : le coude d'Eré et la dépression Eré-Pogo d'une part; les bras de divagation en face de Ham, d'autre part.

(¹) Séance du 29 octobre 1934.

(²) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 752.

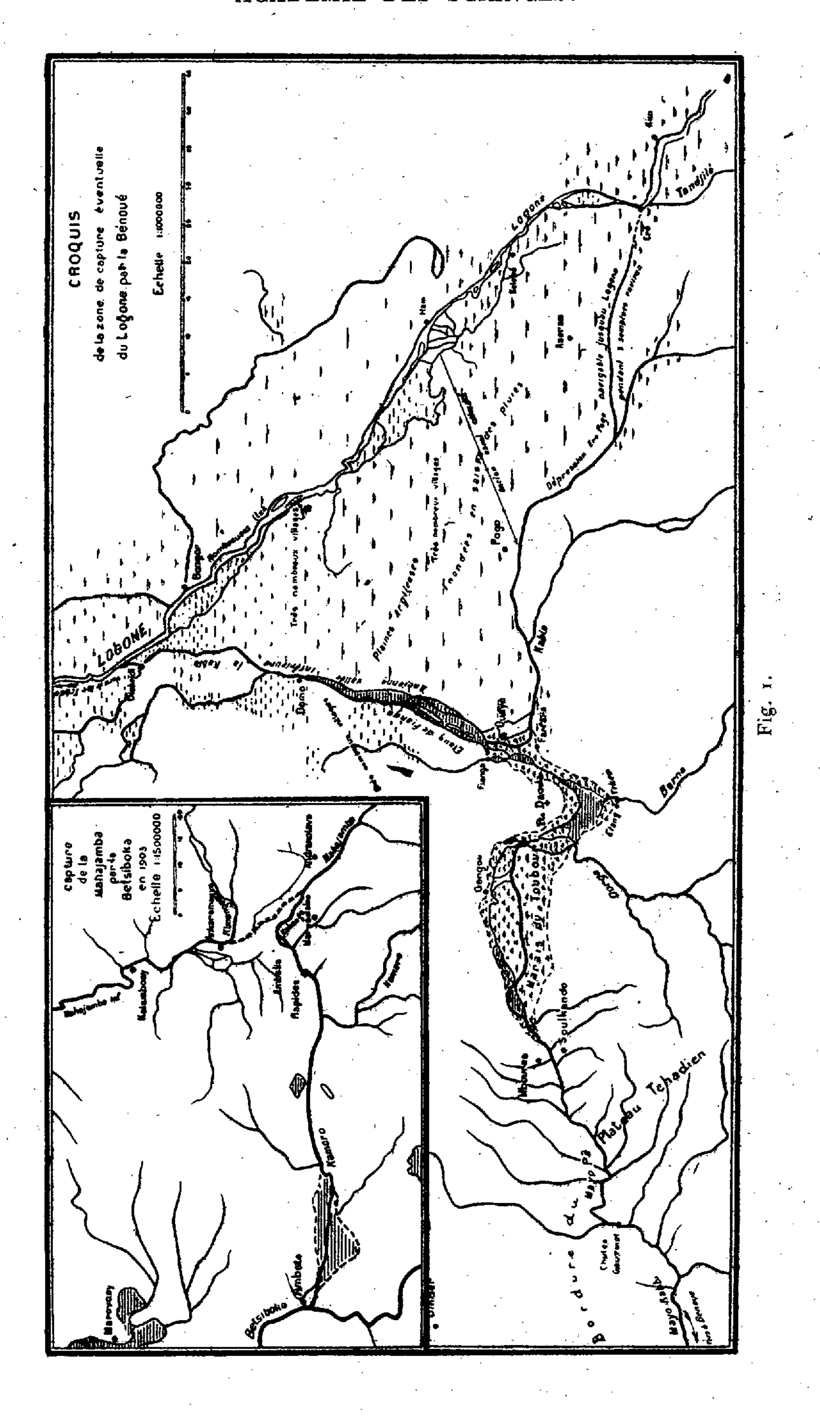

CROQUIS
de la zone de capture éventuelle
du Logone par la Bénoué
Echelle 1:1000000
LOGONE
Logone
Capture
de la
Mahajamba
par la
Betsiboka
en 1903
Echelle 1:1500000
Betsiboka
Plateau Tchadien
Bordure du

Fig. 1.

Le second croquis, à l'échelle du 1/15000000, a pour objet de matérialiser en quelque sorte l'action offensive du Niger (secteur de la Bénoué) contre le bassin du Tchad : d'un seul coup d'œil, on peut juger de sa gravité. J'y ai figuré en grisé tout ce qu'elle a déjà conquis, en amont des chutes Gauthiot, et il en ressort nettement que, sauf contre-offensive de l'homme, la conquête du Logone par le Niger ne saurait désormais beaucoup tarder.

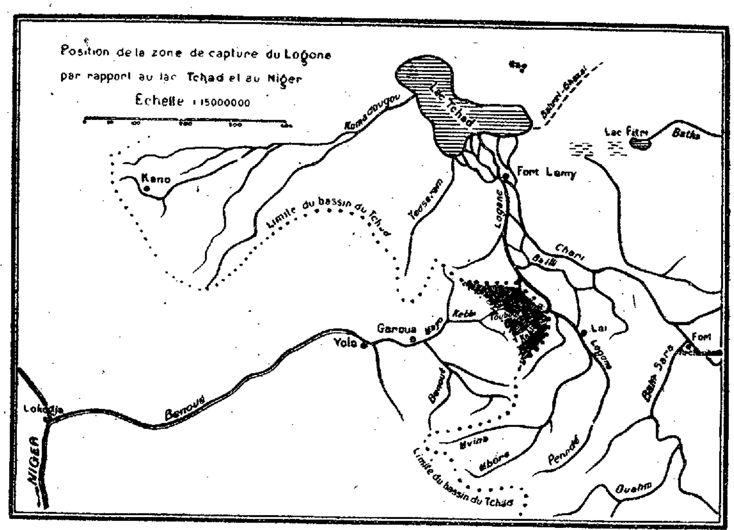


Fig. 2.

Il montre aussi la physionomie assez particulière de la grande plaine alluviale où serpentent le Logone et le Chari, où s'allongent de l'un vers l'autre leurs multiples bras de divagation et où se mêlent les eaux de leurs crues respectives. Il laisse entrevoir que la capture du Logone par la Bénoué, si nous permettons qu'elle se réalise, sera fatalement suivie, à plus ou moins bref délai, de celle du Chari, dont la défense serait plus difficile.

La capture du seul Logone enlèverait au Tchad plus du tiers de son approvisionnement normal d'eau; la superficie du lac diminuerait de moitié, son niveau moyen s'abaisserait et ses infiltrations perdraient toute vigueur : les terres qu'elles fertilisent (parfois jusqu'à plus de 150^{km} de ses rives) verraient leurs étangs, mares, sources et puits se tarir, pour le plus grand dommage des populations, de leurs troupeaux et même de leurs cultures. Ce serait pour l'Afrique centrale un véritable désastre, comparable, toutes proportions gardées, à celui que serait pour l'Égypte la perte des apports annuels du Nil Blanc ou du Nil Bleu.

Quant à la capture subséquente du Chari, elle aurait une conséquence encore plus radicale, la disparition totale du lac Tchad et une nouvelle progression du Sahara vers le sud, de l'ordre de 200 à 300^{km} au minimum.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Bruyères et Mycorhizes.* Note de M. **Marin Molliard**.

Frank, Stahl et de nombreux auteurs ont mis en évidence l'existence d'associations définies entre les racines de diverses plantes supérieures et certains Champignons; désignées sous le nom de Mycorhizes ces entités ont été surtout étudiées au point de vue morphologique, mais leur signification physiologique n'a pas été encore établie d'une manière définitive; on les a considérées, suivant les cas, comme constituant des faits de symbiose réciproque de parasitisme ou encore comme ne jouant aucun rôle dans le développement de la plante qui les présente.

Il est d'ailleurs dangereux, dans l'état actuel de la question, de transposer les résultats obtenus pour certaines de ces associations à celles qui en diffèrent par la nature de la plante infestée et celle du Champignon qui intervient; je désire dans cette Note ne considérer que le cas des Mycorhizes qu'on rencontre très communément chez les Éricacées et plus spécialement chez la Bruyère commune (*Calluna vulgaris*); ce cas a fait dans ces dernières années l'objet de recherches systématiques de la part de plusieurs auteurs, au premier rang desquels il convient de citer Rayner (¹); ce botaniste est arrivé à la conclusion que la Bruyère envisagée ne peut se développer que si elle est associée à un *Phoma* déterminant sur les racines des Mycorhizes endotrophes; si en effet on met à germer aseptiquement des grains de *Calluna* celles-ci ne donnent que des plantules qui s'arrêtent vite dans leur développement; pour Rayner les Mycorhizes constituent une association absolument indispensable à l'évolution normale du *Calluna*.

Les expériences de germination des grains de *Calluna* ont été effectuées par Rayner sur des milieux nutritifs gélosés contenant les substances minérales nécessaires et une petite quantité de peptone et de glucose; or, Knudson (²), reprenant ces essais, a montré que les résultats obtenus par Rayner trouvent leur explication dans l'action toxique des milieux utilisés;

(¹) M. C. Rayner, *Ann. of Botany*, 29, 1915, p. 97.

(²) Lewis Knudson, *The New Phytologist*, 32, 1933, p. 115.

modifiant la composition des liquides employés Knudson a montré qu'on peut obtenir un développement appréciable des plantules sur des liquides de pH = 4,85 alors qu'une concentration correspondant à pH = 5,8, et c'était le cas des liquides employés par Rayner, ne permet d'obtenir que de très petites plantes, réduites à leurs deux cotylédons et à 1 ou 2 verticilles de feuilles définitives, qui acquièrent toutes, ainsi d'ailleurs que l'axe hypocotylé et la courte radicule souvent renflée, une vive coloration rouge.

A la notion d'une association obligatoire Knudson substitue celle d'une association facultative à laquelle n'est nullement lié le développement de l'hôte; c'est à la même conclusion qu'arrive Christoph (1) pour qui le Champignon des Mycorhizes est un parasite inoffensif du *Calluna*.

Ces travaux contradictoires ont déjà donné lieu à de nombreuses discussions; ce n'est pas ici le lieu de les exposer, mais il ne me paraît pas inutile, en présence des deux thèses opposées, de rapporter quelques résultats que j'ai obtenus de mon côté, et d'une manière indépendante, relativement à la culture du *Calluna* dans des conditions aseptiques.

Dans une première série d'expériences j'ai mis à germer des graines stérilisées au sublimé sur de la terre de bruyère, stérilisée ou non, contenue dans des tubes d'environ 350^{cm^3}, fermés à l'ouate; les résultats furent des plus nets; les graines germaient dans les deux cas, mais sur terre stérilisée les petites plantules étaient arrêtées rapidement dans leur croissance et devenaient rouges, alors que sur terre demeurée vivante on observait pour les plantes un développement normal, de tout point comparable à celui qu'elles présentent dans la nature. Il était donc tentant de conclure que c'était à la présence des microorganismes qu'il fallait rapporter le développement en question, se rangeant ainsi à l'opinion de Rayner en ce qui concerne le *Calluna* ainsi qu'à celle de Freisleben (2) relativement au *Vaccinium Myrtillus*.

Or l'explication des faits apparaît toute différente; la terre de bruyère stérilisée à 120° en présence d'une certaine quantité d'eau subit des modifications évidentes, peut-être d'ordre chimique, mais certainement d'ordre physique; elle devient très compacte et prend l'aspect d'une matière coagulée, qui se montre très peu pénétrable aux fines radicelles du *Calluma*.

D'autre part, je n'ai pu, dans les radicelles des plantes développées sur de la terre de bruyère non stérilisée, observer avec certitude de mycorhizes;

---

(1) HERM. CHRISTOPH, *Beihefte Botan. Centralblatt*, 38, 1921, p. 115.

(2) R. FREISLEBEN, *Berichte der Deutsch. Botan. Gesellschaft*, 51, 1933, p. 351.

ces différents faits m'ont amené à réaliser un milieu de culture de composition chimique aussi voisine que possible de celle de la terre de bruyère et permettant par ses propriétés physiques le développement des fines et longues radicelles qui se constituent normalement à partir des racines de *Calluna*.

J'ai employé, à cet effet, de l'eau de lavage de la terre de bruyère (volumes égaux d'eau distillée et de terre de bruyère restant en contact pendant 2 ou 3 jours); après filtrage, cette eau était répartie dans de gros tubes de culture; sur une partie de la paroi interne de ces tubes était disposée une couche assez épaisse d'ouate hydrophile; le liquide imbibait tout le coton et formait à la partie inférieure une réserve qui maintenait l'ouate humide. Le tout était stérilisé à 120° pendant une heure et les semis des graines de *Calluna* effectués à la surface du coton, à des hauteurs variables par rapport au niveau de l'eau dans le fond du tube. Les germinations étaient particulièrement abondantes et rapides lorsque le liquide de lavage n'était additionné d'aucune substance minérale ou organique (je rapporterai ailleurs comment agissent ces dernières); mais le sort ultérieur des plantules est très différent suivant la distance qui les sépare de la nappe liquide inférieure. Si elles en sont assez éloignées, l'ouate devenant relativement sèche, elles se comportent comme celles de Rayner, se colorant en rouge, restant très petites et ne tardant pas à se dessécher sans donner naissance à des radicelles; si elles sont, au contraire, situées à une distance assez faible de la réserve d'eau, les radicelles se développent assez rapidement et la plante, qui reste verte, donne naissance à des feuilles de plus en plus nombreuses; on observe ainsi des plantes dont l'aspect est absolument identique à celui des *Calluna* qui se développent dans des conditions naturelles; leurs tiges, ramifiées et d'un beau vert, atteignent par exemple en octobre, pour des graines semées en janvier, une hauteur de 6-8^{cm}.

J'arrive donc à la conclusion que le *Calluna vulgaris* se développe de façon absolument normale, sur du coton imbibé d'eau de lavage de terre de bruyère stérilisée; si les microorganismes qui existent dans cette terre agissent sur la plante envisagée c'est pour créer un milieu nutritif favorable; il s'agit d'une intervention indirecte et non pas d'une association intime obligatoire.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des sérums sur le pouvoir fluorescent des solutions d'uranine.* Note de MM. **Charles Achard, Augustin Boutaric** et **Jean Bouchard.**

Francis Perrin [1] et M. Privault [2] ont montré les premiers que les corps susceptibles de se comporter comme des catalyseurs négatifs dans les réactions d'oxydation par l'oxygène libre, et appelés par Charles Moureu et Charles Dufraisse corps antioxygènes, possèdent également la propriété d'éteindre la fluorescence des solutions fluorescentes et notamment des solutions aqueuses d'uranine. C'est là une propriété facile à constater au moyen du fluoromètre de Francis Perrin, qui permet de comparer le pouvoir fluorescent de deux solutions d'une même substance fluorescente.

Les deux solutions sont disposées dans deux cuves identiques, éclairées dans les mêmes conditions par une source de lumière blanche à travers un écran laissant passer à peu près uniquement les radiations formant le spectre d'excitation de la substance fluorescente. Un dispositif photométrique permet de comparer les intensités des lumières de fluorescence émises par les solutions du côté des faces d'incidence des cuves. Cette comparaison est faite à travers un écran ne laissant passer que les radiations du spectre de fluorescence, ce qui permet de s'affranchir à peu près complètement de la cause d'erreur provenant de la lumière diffusée par la solution. L'égalisation des plages du photomètre éclairées par les lumières de fluorescence des deux cuves se fait au moyen d'un coin photométrique, dont le déplacement est proportionnel au logarithme du quotient des pouvoirs fluorescents des deux solutions.

Nous avons utilisé ce dispositif pour étudier l'influence qu'exercent les sérums sur le pouvoir fluorescent des solutions d'uranine. Afin d'éviter toute précipitation des constituants du sérum en présence d'eau, l'uranine était dissoute à la dose de $0^{g},75$ par litre dans une solution de chlorure de sodium à 8^{g} par litre.

Pour faire une expérience, on disposait dans la cuve A du fluoromètre un mélange de 20^{cm^3} de solution initiale d'uranine et de 4^{cm^3} de solution aqueuse de NaCl à 8^{g} par litre (solution physiologique). Dans tous les essais, la

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1121.
(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1120.

cuve A contenait un tel mélange dont le pouvoir fluorescent invariable servait d'étalon. Dans la cuve B on introduisait tout d'abord le même mélange de 20^{cm^3} de la solution d'uranine et de 4^{cm^3} de solution physiologique et la position x_0 du coin absorbant donnant le même éclairement des plages photométriques servait de repère pour les comparaisons ultérieures. On remplaçait ensuite, dans la cuve B, le mélange précédent par celui de 20^{cm^3} de la solution initiale d'uranine et de 4^{cm^3} de sérum; on déterminait la position x du coin absorbant qui rétablissait l'égalité d'éclairement des plages photométriques.

En désignant par d l'écart $x - x_0$ entre les positions du coin absorbant dans les deux expériences, par Φ et Φ_0 les pouvoirs fluorescents de la solution d'uranine additionnée de sérum et de la solution d'uranine additionnée de solution physiologique, on avait :

$$\log_{10}\frac{\Phi}{\Phi_0} = ad,$$

a désignant un coefficient lié à la nature du coin photométrique et dont la valeur était connue (pour l'uranine ce coefficient, dans le fluoromètre dont nous disposons, est égal à l'unité). La mesure faite permet donc de connaître le quotient Φ/Φ_0.

Pour les sérums de cheval normal provenant du sang prélevé sur un animal considéré comme sain ou pour du sérum en ampoule dit « hémostyle », pour les divers sérums thérapeutiques préparés par l'Institut Pasteur (antipneumococcique, antistreptococcique, antidysentérique, antitétanique, antigangréneux, antivenimeux ER, antidiphtérique) on constate que le quotient Φ/Φ_0 est égal à l'unité, c'est-à-dire que la présence du sérum n'entraîne aucune diminution du pouvoir fluorescent de la solution d'uranine.

Il en est de même pour le sérum humain des sujets considérés comme normaux, même après absorption par ces sujets de divers médicaments qui, introduits directement dans la solution d'uranine sous des doses convenables, en diminuent le pouvoir fluorescent, que ces médicaments soient absorbés par voie buccale aux doses thérapeutiques (aspirine, salicylate de sodium, chlorhydrate de morphine, atropine, gardénal, etc.), introduits par injection sous-cutanée (morphine, cacodylate de sodium, etc.) ou intraveineuse (cyanure de mercure, gonacrine, etc.).

Les sérums de divers sujets atteints de syphilis, diabète, néphrite, polynévrite, troubles nerveux, méningite, rhumatismes, pleurésie, affections

cardiaques, sénilité, etc., n'ont pas davantage influé sur le pouvoir fluorescent de la solution d'uranine ([1]).

Il n'en est ainsi que pour des sérums en bon état de conservation. Les altérations qu'éprouvent à la longue le sérum finissent par lui communiquer la propriété de diminuer le pouvoir fluorescent des solutions d'uranine, comme le montrent les quelques mesures suivantes effectuées sur des sérums conservés à l'air à une température voisine de 20° sans précautions spéciales :

Age du sérum (en jours)	1.	2.	3.	4.	5.
Φ/Φ_0	1	1	0,9	0,8	0,5

Nous avons observé parfois une légère diminution du pouvoir fluorescent avec le sérum de certains sujets atteints de tuberculose pulmonaire :

Observations.	Φ/Φ_0.
M. M..., Hôpital Dijon	0,89
M. S..., Hôpital Cochin	0,88
M. E..., »	0,80
M. F..., »	0,80

Les mesures faites révèlent une diminution souvent très nette de ce pouvoir fluorescent par addition de sérum provenant de sujets porteurs de néoplasmes (voir le tableau de la page suivante).

Mlle Pourbaix ([2]), à la suite de recherches effectuées au Laboratoire du Professeur Maisin à l'Université de Louvain, a été amenée à penser que le trouble du métabolisme cellulaire des hydrates de carbone constituerait une des particularités les plus caractéristiques, peut être même essentielle du néoplasme. Un organisme atteint de cancer ou même en puissance de cancer manifesterait dans tous ses tissus une diminution de l'oxydation cellulaire et une augmentation de la glycolyse.

Les mesures que nous venons de rapporter sur le pouvoir fluorescent des solutions d'uranine additionnées de sérum s'accordent avec les remarques précédentes. Au point de vue de leur action sur le pouvoir fluorescent des

---

([1]) Tous les sérums pathologiques utilisés au cours de ce travail provenaient soit de l'Hôpital Cochin, soit de l'Hôpital général de Dijon. Nous remercions les Drs Leclerc et Petit-jean, qui nous ont fourni des sérums.

([2]) Mlle Pourbaix, *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 1015.

solutions d'uranine, les sérums de sujets cancéreux se sont comportés comme s'ils renfermaient une substance antioxygène, c'est-à-dire une substance susceptible de ralentir les oxydations cellulaires.

Observations.			Φ/Φ_0.
M. P...,	Hôpital Dijon,	Néo. luette	0,90
M. B...,	»	Néo. lèvre	0,85
Mme P...,	»	Néo. utérus	0,85
M. L...,	»	Néo. lèvre	0,85
Mme V...,	»	Néo. rectum	0,85
M. X...,	»	Néo. rectum	0,85
M. P...,	»	...	0,80
M. H...,	»	Néo. probable	0.80
M. B...,	»	Néo. œil	0,80
M. P...,	»	...	0,80
Mme L...,	»	Néo. du sein	0,80
M. C...,	»	Néo. estomac	0,75
M. S...,	»	Néo. rectum	0,75
M. H...,	»	Néo. probable estomac	0,75
Mlle X...,	»	...	0,70
M. X...,	»	Néo. maxillaire	0,70
Mme G...,	Hôpital Cochin,	Néo. sein	0,70
Mme D...,	»	Néo. sein	0,70
M. X...,	Hôpital Dijon,	Néo. œil	0,65

MÉCANIQUE. — *Sur les oscillations auto-entretenues.* Note de M. **Jules Haag.**

1. La théorie mathématique de ces oscillations a été étudiée d'une manière approfondie par différents auteurs, en particulier MM. van der Pol et Liénard. La recherche des oscillations périodiques se ramène à la détermination des *cycles* d'une certaine équation différentielle du premier ordre, dont M. Liénard a donné une interprétation géométrique très simple. De cette interprétation résulte que *tout cycle est une courbe fermée, caractérisée par la condition que les normales en deux points* P *et* P_1, *de même abscisse, se coupent*, en Q, *sur* Oy. Le point M, où PP_1 coupe la parallèle à Ox menée par Q, décrit la courbe Γ, dont l'ordonnée est la primitive du coefficient de résistance.

Je me suis proposé de *déterminer le cycle le plus général et la courbe* Γ *qui lui est associée*. Ceci est un petit problème de géométrie, qui ne présente aucune difficulté.

2. La solution peut être présentée sous une forme qui ne comporte *aucun signe de quadrature*, mais qui est assez compliquée et d'un emploi peu commode. Voici une solution plus simple, mais qui exige des quadratures.

Soit un paramètre u, variant de zéro à *un*. Choisissons arbitrairement une fonction z de ce paramètre, comprise entre -1 et $+1$, prenant la valeur h pour $u=0$ et s'annulant pour $u=1$. Posons

$$q=\frac{h}{2}+\int_0^u zu\,du.$$

Les ordonnées λ, y, y_1 des points M, P, P_1 et leur abscisse commune x sont données par les formules

$$\lambda=q-z\,\frac{1-u^2}{2},\qquad y=q-\frac{1-u^2}{2},\qquad y_1=q+\frac{1-u^2}{2};$$

$$x^2=\int_0^u (1-z^2)(1-u^2)\,u\,du.$$

En prenant x positif, on obtient un demi-cycle; on le complète par un demi-cycle analogue, pour lequel x est négatif. Le *cycle symétrique* est obtenu pour $h=0$.

On peut aisément trouver des *cycles algébriques*, par exemple en prenant pour fonction z un polynome.

3. Une question importante est maintenant d'obtenir des cycles correspondant à des *oscillations de relaxation*. Un tel cycle doit être très allongé dans la direction Oy. On peut supposer, par exemple, qu'on amplifie les ordonnées de la courbe Γ dans un rapport k très grand; mais on ne sait pas déterminer le nouveau cycle.

Dans la solution précédente, l'ordonnée λ est toujours comprise entre -1 et $+1$. Pour la rendre très grande, il suffit de faire une homothétie de rapport k. Comme l'abscisse x doit rester finie, il faut qu'avant l'homothétie elle soit infiniment petite de l'ordre de $1/k$; ou, si l'on veut, le produit $X=kx$ doit rester fini quand k augmente indéfiniment. Voici comment on peut obtenir une telle solution.

Posons

$$\theta=k^2n(1-u),\qquad \alpha=\frac{ku}{1+ku},$$

n désignant une constante positive. Considérons maintenant les fonctions suivantes :

$$H(\theta)=1-\frac{1}{\theta}+\frac{2}{e^{2\theta}-1};$$

$G(\alpha)$ positive pour $0 < \alpha < 1$ et telle que

$$G(0) = 1 - h, \qquad G(1) = 0, \qquad G'(1) < 0;$$

$\varphi(u)$ positive pour $0 < u < 1$ et admettant 0 et u pour racines simples. La fonction z du n° 2 est définie par la formule

$$z = \frac{H(\theta)}{H(k^2 n)} - (1-u)(1-\alpha)^3 G(\alpha) - \frac{u(1-u)}{1+k^2 u\varphi}.$$

Si k devient infiniment grand, la courbe Γ, après multiplication de ses abscisses par k, tend vers la limite suivante.

Un *premier arc* OA est défini par les équations

$$X^2 = \int_0^{\alpha} G(\alpha)[2 - (1-\alpha)^3 G(\alpha)]\alpha\, d\alpha,$$
$$2\lambda = h - 1 + (1-\alpha)^3 G(\alpha).$$

Le *deuxième arc* AB est défini par

$$X^2 = X_A^2 + \frac{u^2}{n}\left(1 + \frac{2u}{3}\right) + 2\int_0^u \frac{(1-u)^2(1+u)u}{\varphi(u)}\,du,$$
$$2\lambda = h - 1 + 2u^2.$$

Si l'on se donne *a priori* la courbe limite, on peut aisément calculer les fonctions G et φ, ainsi que la constante n.

4. Cette solution fournit le moyen de *déterminer asymptotiquement le cycle*, à partir de la courbe Γ.

Arc supérieur. — Soient P un de ses points, M le point de Γ qui a même abscisse et N la projection de P sur la tangente au cycle en son point le plus haut. On a

$$(1) \qquad PN = \frac{1}{k^2}\int_0^X \frac{X\, dX}{MN}.$$

Arc inférieur. — On a une formule analogue à la précédente, tant que M est sur l'arc OA. Quand M est sur l'arc AB, on a

$$(2) \qquad PM = \frac{X}{k^2 m},$$

m désignant le coefficient angulaire de la tangente en M à Γ.

Pour les *raccordements*, il existe des formules plus compliquées.

5. J'ai appliqué cette méthode en partant de la courbe Γ définie par

l'équation

$$\lambda = \frac{x(x^2 - 3)}{3}.$$

Cette courbe correspond à un cas qui a été complètement étudié par M. van der Pol.

J'ai fait les calculs numériques pour $k = 2$, 5, 10 et 100. J'ai constaté que l'approximation des formules (1) et (2) est excellente pour $k = 100$ (l'erreur est inférieure à 10^{-4}); elle est encore très bonne pour $k = 10$ et assez bonne pour $k = 5$. Par contre, les formules de raccordement, au voisinage du point A, donnent un résultat franchement mauvais; pour qu'elles soient pratiquement applicables, il faudrait que k fût beaucoup plus grand. Il y a là une difficulté que je n'ai pu surmonter.

Ajoutons, pour terminer, qu'il serait facile de réaliser des courbes Γ présentant des points anguleux, comme il arriverait par exemple si la résistance avait une expression analytique différente, suivant qu'elle est négative ou positive.

SPECTROSCOPIE. — *Considérations théoriques sur la luminescence des hautes couches de l'atmosphère.* Note (¹) de M. **J. Cabannes.**

L'analyse spectrale de la partie la moins réfrangible de la lumière émise par le ciel nocturne (²) met en évidence plusieurs groupes de radiations d'origine atmosphérique dans lesquelles j'ai cru reconnaître, en dehors de de la raie 5577 Å :

1° un assez grand nombre de bandes du premier système positif de l'azote $B(v') \rightarrow A(v'')$, *avec prédominance des quanta de vibration* $v' = 15$ *et* $v' = 7$;

2° les bandes telluriques de l'oxygène;

3° les bandes telluriques de la vapeur d'eau, notamment les bandes C et D et *surtout la bande* α (6324 Å) qui, très faible en absorption dans le ciel diurne, apparaît avec intensité dans le spectre d'émission du ciel nocturne.

Une théorie simple permet d'expliquer ces phénomènes. L'émission du

(¹) Séance du 29 octobre 1934.

(²) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2132.

premier système positif de l'azote suppose l'existence, dans la haute atmosphère, d'un grand nombre de molécules d'azote à l'état métastable A; nous y connaissons par ailleurs la présence de l'ozone. Le problème à résoudre est donc le suivant : Comment les molécules $N^2(A)$ et O^3 ont-elles pris naissance? Quel est leur rôle dans la luminescence du ciel?

L'excitation de la molécule d'azote (du niveau normal X au niveau métastable A) exige 8,10 volts environ. La formation d'ozone est plus facile : on sait que $3O^2 \rightarrow 2O^3 - 70$ calories, or 70 calories équivalent à 3,03 volts. Mais en réalité, pour obtenir de l'ozone, il faut commencer par dissocier la molécule O^2, et cette dissociation exigera 5,09 ou 7,05 volts suivant qu'on voudra libérer deux atomes normaux $O(^3P)$ ou un atome normal et un atome excité $O(^1D)$. En tout cas l'on peut admettre qu'*une même cause extérieure excite les molécules d'azote et dissocie les molécules d'oxygène*, c'est-à-dire, en définitive, donne naissance aux constituants essentiels des couches supérieures de l'atmosphère. *Cette cause extérieure est* sans doute *la pluie d'électrons secondaires* prévue par la théorie de Dauvillier [1], et l'énergie de ces électrons secondaires, à nos latitudes moyennes, est donc supérieure à 8,10 volts.

Cela posé, nous pouvons imaginer que les courants aériens brassent la masse gazeuse ainsi excitée et l'entraînent à plus basse altitude, dans une région où les électrons n'agissent plus. *La luminosité du ciel nocturne va nous apparaître alors comme un phénomène de phosphorescence* dans le mélange gazeux $N^2(A)$, O^3, O^2 et H^2O. On vérifie facilement, à partir de données classiques [2], que moins de 7 volts suffisent pour dissocier la molécule d'ozone en une molécule métastable $O^2(^1\Sigma)$ et un atome métastable $O(^1S)$. Cette dissociation de la molécule d'ozone peut donc résulter d'un choc avec une molécule métastable d'azote A, et le fait important c'est que le choc donnera, non pas les états stables $O^2(^3\Sigma)$ et $O(^3P)$, mais les états métastables $O^2(^1\Sigma)$ et $O(^1S)$. La molécule $O^2(^1\Sigma)$ et l'atome $O(^1S)$ vont alors émettre, par un mécanisme identique, l'une les bandes telluriques de l'oxygène $^1\Sigma \rightarrow {}^3\Sigma$, l'autre la raie verte des aurores 5577 Å $(^1S \rightarrow {}^1D)$. Sommer [3] a fait remarquer le premier l'analogie des *émissions de quadrupôle* par les corpuscules métastables $O^2(^1\Sigma)$ et $O(^1S)$,

---

(1) *Revue générale d'Électricité*, **31**, 1932, p. 303, 477 et 793.

(2) Voir, par exemple, W. Jevons, *Band-Spectra of diatomic Molecules*, 1932, Cambridge (Angleterre).

(3) L. A. Sommer, *Zeitschrift für Physik*, **77**, 1932, p. 334.

les bandes telluriques de la molécule d'oxygène correspondant à la raie ultraviolette 2950 Å ($^1S \rightarrow {}^3P$) de l'atome.

Si ces hypothèses sont exactes, *la présence de l'atome* O(^1S) *dans la haute atmosphère, et par suite l'émission de la raie verte* 5577, *proviennent d'une destruction de l'ozone par chocs contre les molécules métastables d'azote.*

La présence des atomes O(^1S) et O(^1D), ces derniers résultant à la fois de la dissociation des molécules d'oxygène par les électrons secondaires et de la transition $^1S \rightarrow {}^1D$ avec émission de la raie 5577 Å, explique à son tour l'émission du spectre de vibration de la molécule d'eau et de certaines bandes positives de l'azote.

Le choc d'un atome métastable d'oxygène contre un corpuscule étranger peut libérer une énergie équivalente à 4,18 volts ($^1S \rightarrow {}^3P$), 2,23 volts ($^1S \rightarrow {}^1D$) ou 1,96 volts ($^1D \rightarrow {}^3P$). Imaginons que l'atome O(^1D) rencontre une molécule d'eau à l'état normal; on aura le changement

$$O(^1D) + H^2O(0, 0, 0) \rightarrow O(^3P) + H^2O(3, 1, 1),$$

et l'énergie de 1,96 volt libérée par l'atome d'oxygène sera à peu près totalement absorbée par la molécule d'eau dont les trois quanta de vibration vont passer de 0 à 3 (oscillation antisymétrique), de 0 à 1 (oscillation symétrique de valence) et de 0 à 1 (oscillation de déformation). *Il suffit donc que la vie de l'atome métastable* O(^1D) *soit assez longue, pour qu'on observe, au lieu de la raie* 6303 Å ($^1D \rightarrow {}^3P$), *de l'atome d'oxygène, la bande* 6324 (3, 1, 1) *de la molécule d'eau.* On s'explique ainsi l'intensité surprenante de cette bande dans le spectre d'émission du ciel nocturne.

Supposons enfin qu'un atome métastable d'oxygène rencontre une molécule d'azote A, dont le quantum de vibration est $v = 0$. Nous pouvons calculer *a priori* l'énergie nécessaire pour porter la molécule A($v = 0$) au niveau B avec un quantum de vibration v'. On trouve, pour :

$v' =$	4	5	6	7	...	14	15	16
	1,99	2,18	2,37	2,57	...	3,79	3,95	4,11 volts.

Nous voyons ainsi que, *par choc contre un atome* O(^1S), *qui peut libérer* 4,18 *ou* 2,23 *volts, la molécule d'azote* A($v = 0$) *passera au niveau* B *avec un quantum* $v' = 16$ *ou* $v' = 5$. Les bandes émises seront donc celles qui correspondent au quantum initial 16 ou 5, le quantum final étant d'ailleurs donné par la loi de Franck-Condon, et ce résultat est très voisin de celui qu'on trouve en observant le ciel.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Influence de la température sur la conductibilité électrique du sulfure cuivrique en couche mince.* Note (¹) de MM. **Henri Devaux** et **Jean Cayrel.**

Nous avons étudié (²) la conductibilité électrique de couches minces de sulfure de cuivre (épaisseur 100 à 200 Å) obtenues par l'action de H^2S sur la surface d'une solution cuivrique. L'ordre de grandeur trouvé pour la résistivité de telles couches à la température ordinaire était de $10^{-1}\,\Omega x\,\mathrm{cm}$.

Rappelons que la lame de sulfure est préparée sur un carreau de faïence auquel elle adhère fortement après lavage et dessiccation. Grâce à ce substratum, elle peut supporter sans dommage la pression de plusieurs $\mathrm{kg/cm^{-2}}$ nécessaire à la réalisation d'un bon contact avec les électrodes. Celles-ci sont constituées par deux bandes parallèles d'or fin, longues de $3^{\mathrm{cm}},5$, larges de $0^{\mathrm{cm}},4$, distantes de 2^{cm}. Elles sont appliquées sur la partie à étudier de la lame de sulfure sous une charge de 4^{kg}. Les résistances sont mesurées au pont de Kohlrausch.

En vue de déterminer l'influence de la température sur la résistivité, nous avons répété nos mesures en plaçant le sulfure et les électrodes dans une étuve à chauffage électrique permettant d'atteindre 150°.

Nous avons observé successivement deux effets contraires de la chaleur sur la conductance de la couche de sulfure comprise entre les électrodes. La conductance commence par augmenter avec la température, passe par un maximum, puis à partir d'une température qui varie de 75° à 95° décroît rapidement. Ce dernier phénomène, qui paraît lié à une altération du sulfure, particulièrement au voisinage des électrodes, est beaucoup moins intéressant que l'augmentation de conductibilité qui le précède. Il est d'ailleurs facile d'éviter sa production en ne poussant pas le chauffage au delà de la température correspondant au maximum de la conductibilité. C'est précisément ce qui a été fait dans le cas des courbes représentées ci-après.

1° La courbe 1 correspond au premier chauffage. On voit que la conductibilité augmente rapidement entre 50° et 75°, puis se stabilise vers 85°;

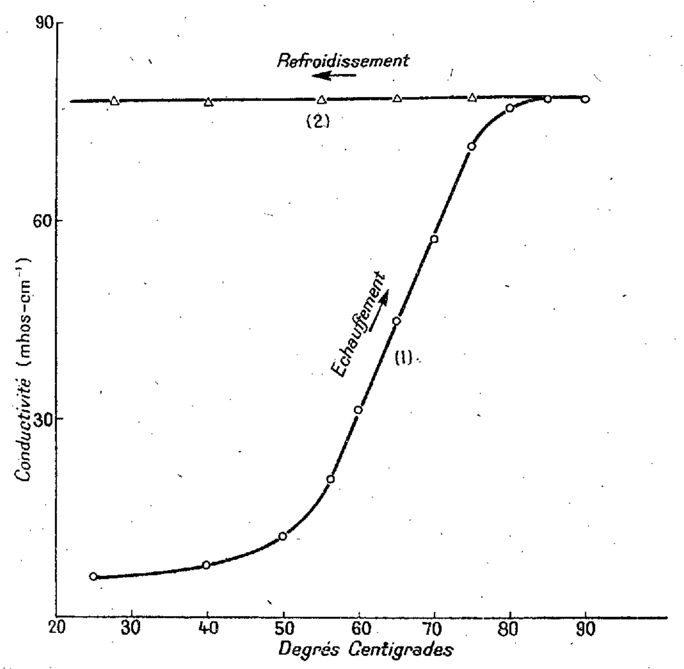
2° La courbe de refroidissement (courbe 2) est une droite parallèle à l'axe des t, tangente au maximum de la courbe d'échauffement. *L'accrois-*

(¹) Séance du 6 août 1934.

(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1339.

sement de la conductibilité dû au chauffage est donc intégralement conservé lors du refroidissement. Nous avons d'ailleurs vérifié que l'augmentation de la conductibilité s'étend à la lame de sulfure tout entière et n'est pas le propre de la région traversée par le courant durant le chauffage.

Le rapport de la conductivité du sulfure après chauffage à sa conductivité avant chauffage varie de 3 à 30 suivant que la région considérée est primitivement bonne conductrice ou mauvaise conductrice;



Variations de la conductivité de CuS en couche mince avec la température.

3° La courbe du deuxième chauffage n'est pas représentée ici parce qu'elle se confond sensiblement avec la droite de refroidissement. Un second chauffage, tant qu'il n'est pas poussé au delà de la température maxima atteinte lors du premier chauffage, est donc sans effet notable sur la résistance du sulfure. Il en est de même, sous la même restriction, des troisième, quatrième, ... chauffages;

4° Il convient cependant de noter que, lorsqu'un film de sulfure *déjà chauffé* a perdu une partie de sa conductibilité par *vieillissement*, un nouveau chauffage *à la même température* provoque alors une augmentation de conductibilité analogue à celle qui caractérise le premier chauffage.

Les phénomènes représentés par les courbes précédentes doivent être rapprochés, d'une part de ceux observés par Joliot (¹), Féry (²), Bartlett (³), sur les couches métalliques minces obtenues par pulvérisation cathodique, d'autre part de ceux observés par Streintz (⁴), Trey (⁵), sur les poudres semi-conductrices comprimées.

Il semble extrêmement probable, étant donné l'analogie de nos résultats avec ceux des auteurs précités, que l'augmentation de la conductibilité de Cu S par chauffage est due à l'évacuation des gaz occlus dans la lame, principalement de la vapeur d'eau.

Mais il nous paraît certain que cette eau ne doit agir qu'indirectement; elle entourerait les particules et empêcherait ainsi le contact réciproque des parties constitutives de la lame de CuS. En chassant cette eau, on assurerait le contact, et ceci d'une manière définitive comme le montre la conservation de la conductibilité par refroidissement. De nouvelle eau pourrait, il est vrai, être absorbée lors de ce refroidissement, mais elle ne doit plus enrober les particules puisqu'elle ne détruit pas la cohésion résultant de la structuration acquise par échauffement.

C'est ainsi que l'huile, en couche mince monomoléculaire, est rendue définitivement adhérente au verre quand on a chassé l'humidité sous-jacente par la chaleur (⁶).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les graines déficientes du Topinambour greffé.* Note de M. **Lucien Daniel.**

Toute graine résulte de la symbiose entre deux gamètes de capacités fonctionnelles différentes puisque la nutrition de ceux-ci varie suivant la position qu'ils occupent dans les organes sexuels de la plante mère. Il en est de même pour les graines auxquelles ils donnent naissance et c'est là un fait bien connu. Selon Darwin (⁷), « les graines nourries dans une même capsule ne sont pas dans des conditions complètement uniformes parce qu'elles tirent leur nourriture de points divers et cette différence

(¹) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1526.
(²) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 819, et *J. de Phys.*, **9**, 1928, p. 38.
(³) *Phil. Mag.*, **5**, 1928, p. 848.
(⁴) *Ann. der Phys.*, **9**, 1902, p. 854.
(⁵) *Phys. Z.*, **62**, 1925, p. 849, et *Naturwiss.*, **18**, 1930, p. 1099.
(⁶) H. Devaux, *J. de Physique*, **4**, 1923, p. 305.
(⁷) Darwin, *De la variation chez les animaux et les plantes*, II, 1868, p. 268.

suffit souvent pour affecter sérieusement les caractères de la plante future ». Rien n'est plus exact.

Chez le Topinambour redevenu fertile après sa greffe sur le Soleil annuel, comme chez toutes les Composées greffées, les akènes d'un même capitule sont plus ou moins dissemblables, non seulement à la suite de la fécondation croisée, mais encore du fait de la symbiose artificielle qu'est la greffe qui change obligatoirement la nutrition de chaque symbiote.

Dans le cours de mes recherches sur la descendance du Topinambour ainsi greffé, j'ai constaté, chez les semis provenant des générations successives (1), que des akènes paraissant uniformes et bien développés ne germaient pas tous, ou bien ne germaient pas au même moment et donnaient des individus dont les uns étaient normaux et les autres débiles et dégénérés. A la suite d'essais comparatifs, je me suis rendu compte que ces derniers étaient pour la plupart le produit de graines déficientes à des degrés divers. Comme j'avais eu peu d'akènes aux premières générations, je n'avais pu suivre complètement le développement de ces formes aberrantes. Mais, depuis la sixième génération, j'ai récolté de nombreux akènes chez des individus devenus très fertiles. J'ai pu ainsi faire des semis assez en grand pour étudier et suivre le comportement des exemplaires anormaux.

Beaucoup de ceux-ci ont fourni des rosettes acaules qui sont mortes, soit au moment de la transplantation en mai, soit à l'automne lors du passage à l'état de vie ralentie qui n'a pu se faire. D'autres types, également à rosette au début, ont fourni une tige latérale sympodique qui a suppléé la première dont la croissance s'était arrêtée totalement. Enfin il y a eu des exemplaires à rosette dont la tige principale, arrêtée momentanément dans sa croissance en longueur, a recommencé à s'allonger en formant des entre-nœuds très courts et en restant à l'état rampant sur le sol, c'est-à-dire en donnant des sortes de rhizomes aériens tendant à se marcotter. Évidemment ces variations de la tige, devenant acaule ou rampante comme les rhizomes souterrains du Topinambour, sont un souvenir de la lutte pour la vie de l'ancêtre greffé. A l'état de symbiose, le dernier avait mis en mouvement toutes les corrélations dont il pouvait disposer en vue de la conservation de l'individu et de l'espèce et ses descendants avaient gardé plus ou moins la mémoire de cet état anormal.

---

(1) Lucien Daniel, *Études sur la greffe*, III, 1930, p. 1228 et suiv. IV; (supplément), 1934, p. 1415 et suiv.; *Comptes rendus*, **197**, 1933; p. 725; **198**, 1934, p. 1902.

En 1933, j'observai dans mes semis de graines déficientes des individus débiles dont certains, au lieu de mourir comme aux générations précédentes, continuèrent à vivre. Les uns, qui étaient unitiges ou en forme d'arbuste, ne donnèrent cependant pas de tubercules à l'automne tandis que les autres, qui leur ressemblaient, en fournirent, ce qui me permit de les multiplier au printemps suivant et de les étudier. De ces derniers, les uns sont restés nains ou demi-nains. Un autre est devenu normal et vigoureux.

Dans ce même semis, une germination tardive avait un aspect particulièrement chétif. Formée d'une rosette minuscule à cinq feuilles dont la plus grande avait la taille d'une oreille de souris, elle était de couleur brun foncé. Transplantée en bonne terre, elle se maintint sans grandir. Les pluies du mois de septembre semblèrent la ranimer. Elle produisit alors une rosette latérale semblable à la première et ce fut tout. Ce petit individu débile fut laissé en place pendant l'hiver. Au printemps, les pluies avaient dégagé son petit tubercule souterrain gros comme un pois. Sur lui se voyaient six racines et cinq bourgeons. Ceux-ci fournirent autant de branches qui atteignirent $1^{m},70$ à $1^{m},90$ de hauteur et se ramifièrent abondamment. Les feuilles, opposées lancéolées, étaient longues de 30^{cm} et larges de 8 à 10^{cm}. Leur pétiole assez court et légèrement ailé, était suivi d'un limbe plane à peine rugueux, de couleur vert jaunâtre. La plante, demi-naine, était très saine.

En septembre apparurent, à l'extrémité des tiges, de nombreuses inflorescences rameuses à longs pédoncules terminés par environ 200 capitules superbes. Leurs ligules, orangées comme chez le Soleil annuel, étaient disposées sur 2 ou 3 rangs et parcourues par 3 ou 5 nervures saillantes. Les capitules étalés avaient un diamètre de 12^{cm} et leur floraison a duré 5 à 6 semaines au moins. Des akènes se sont formés dans les capitules principaux, mais en petit nombre; j'en ai récolté 120, dont un composé de deux fruits soudés; parmi eux pas mal sans doute seront déficients. Au moment du passage à l'état de vie ralentie, les feuilles ont rougi partiellement et sont devenues assez décoratives. A la base des 5 tiges, sur une longueur de 60^{cm} environ, j'ai observé des tubercules aériens opposés, bruns, violacés et rameux, se penchant vers le sol. C'est un nouvel exemple de l'hérédité, à la 6e génération, de ce caractère acquis par greffe.

Ces faits concernant le comportement des divers individus issus d'akènes déficients chez le Topinambour montrent que la pratique consistant à semer exclusivement les graines les plus grosses et les plus pesantes n'est pas à appliquer sans discernement. En effet, si certains des individus fournis par des graines déficientes meurent prématurément, il y en a qui, débiles au

début, continuent à vivre et peuvent les années suivantes reprendre vigueur en partie ou en totalité, à la façon de certains enfants chétifs que des soins appropriés et persévérants transforment en superbes adolescents.

D'autre part, ce sont des graines déficientes qui, chez la variété de Topinambour sur laquelle ont porté mes recherches, m'ont paru accuser le plus vite cet ébranlement de l'espèce, précurseur de la variation désordonnée, qui permet par une sélection prolongée et bien comprise, d'obtenir des variétés nouvelles ornementales. Ce résultat n'intéresse pas seulement la science mais aussi la pratique horticole. Déjà les *Helianthus tuberannuus* que j'ai obtenus et qui rappellent certains Dahlias sont d'intéressants débuts dans cette voie nouvelle sur laquelle il est de mon devoir d'appeler l'attention des semeurs.

M. **Mesnil** fait hommage à l'Académie du livre que M. J. Magrou vient de publier sous le titre *L'œuvre scientifique de Maurice Nicolle*. L'Avant-Propos reproduit, entre autres, les paroles que notre Confrère M. **Roux** a prononcées devant le cercueil du regretté savant pastorien, frère aîné de notre confrère M. Ch. Nicolle. Cette allocution est la véritable *Préface* du volume dans lequel M. Magrou a montré, avec talent, l'impulsion que la Microbiologie a reçue de l'esprit profond et encyclopédique qu'était Maurice Nicolle.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie du Tome I du *Traité de Cémentation des Produits métallurgiques*, qu'il vient de publier.

Ce Tome I a trait uniquement à la cémentation des aciers ordinaires et spéciaux par le carbone.

M. **N. E. Nörlund** fait hommage à l'Académie de ses *Observations de l'intensité de la pesanteur avec le nouveau modèle de pendule Holweck-Lejay*, qu'il a publiées avec la collaboration de M. A. Schneider.

ÉLECTIONS.

MM. **E.-L. Bouvier**, **H. Deslandres**, **R. Bourgeois**, **F. Mesnil**, **M. de Broglie**, **Ch. Fabry**, **L. Lapicque** sont élus pour constituer, avec le Bureau de l'Académie, la Commission chargée de faire une proposition pour l'attribution du prix *Albert Ier de Monaco*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président** communique une lettre du Président de l'Académie des Sciences de Zagreb qui remercie l'Académie des condoléances qu'elle a exprimées à cette Compagnie.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à chacune des Chaires de *Chauffage industriel* et de *Céramique*, *verrerie*, *chaux et ciments*, vacantes au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. **P.-H. Fleuret** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1933.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Zénope Beurekdjian. *Origine thyroïdienne des Algies et leur traitement radical.*

2° Union géodésique et internationale : Association de Séismologie. *a.* Comptes rendus des séances de la *Cinquième conférence*, réunie à Lisbonne du 14 au 24 septembre 1933, rédigés par le Secrétaire E. Rothé; *b. Communications* présentées à la conférence.

3° A. Peyron. *Cancer*. (Présenté par M. F. Mesnil.)

STATISTIQUE. — *Le paradoxe de l'âge limite.*

Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Hadamard.

L'espérance mathématique $\bar{u}$ de la plus grande valeur (¹) d'une variable gaussienne, ayant la moyenne ξ et l'écart type σ, est

$$\bar{u} = \xi + \bar{t}\sigma\sqrt{2}. \tag{1}$$

(¹) R. von Mises, *Sitz. Berliner mathematischen Gesellschaft*, 22, 1923, p. 3.

La valeur $\bar{t}$, calculée pour un nombre d'observations N suffisamment grand par $\Phi(\bar{t}) = 1 - 2 : N$, où Φ représente l'intégrale de Gauss, tend, pour des grandes valeurs de N, vers

$$\bar{t} = \sqrt{\log N}. \tag{2}$$

On peut employer ([1]), pour un calcul approximatif de l'âge limite $\bar{\omega}$ en traitant l'âge au moment de la mort comme variable gaussienne, ce qui est légitime pour les hauts âges ([1]). Alors ξ sera l'âge normal où la densité de mortalité est maximum et

$$\sigma\sqrt{\frac{2}{\pi}} = \mathrm{E}(\xi) \tag{3}$$

son espérance de vie. On aura $\mathrm{N} = 2\,\mathcal{D}\,l(\varepsilon)$, où $l(\varepsilon)$ est la probabilité d'un nouveau-né d'atteindre l'âge normal et $\mathcal{D}$ le nombre des décès employé pour la construction de la table. Alors l'âge limite sera ([2])

$$\bar{\omega} = \xi + \bar{t}\,\mathrm{E}(\xi)\sqrt{\pi}. \tag{4}$$

D'ailleurs on arrive à une expression analogue en employant la formule de Gompertz pour la table de survie.

L'âge limite augmente avec l'âge normal et son espérance de vie. Mais ces deux influences peuvent se contre-balancer. Car les tables de survie ayant de grandes valeurs de l'âge normal ont, en général, de petites valeurs de l'espérance de vie à cet âge. Ces tables peuvent être considérées comme favorables puisqu'elles auront aussi en général une grande valeur de l'espérance de vie d'un nouveau-né.

Pour deux tables, l'une plus favorable que l'autre, ayant

$$\xi_1 > \xi_2; \qquad \mathrm{E}_1(\xi_1) < \mathrm{E}_2(\xi_2)$$

et les mêmes probabilités $l(\xi)$, *l'âge limite, calculé pour le même nombre d'observations, sera supérieur pour la table défavorable.* Car, à partir d'un nombre d'observations défini par

$$t_0\sqrt{\pi} > \frac{\xi_1 - \xi_2}{\mathrm{E}_2(\xi_2) - \mathrm{E}_1(\xi_1)}, \tag{5}$$

([1]) L. von BORTKIEWICZ, *Bull. Inst. Intern. Statistique*, 19, La Haye, 1912, p. 36.

([2]) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 40, III-IV, 1932, p. 34; *Giornale dell' Istituto italiano degli Attuari*, 5, I, 1934, p. 52.

on aura, d'après (4),

$$\bar{\omega}_2 > \bar{\omega}_1. \tag{6}$$

Dans ce sens, une table plus favorable aura une longévité inférieure. D'après la publication de J. M. Glover ([1]), on a observé pour l'Australie, hommes 1901-10, les valeurs $\xi_1 = 74,19$; $E_1(\xi_1) = 6,88$; et pour les Indes, hommes 1901-10, $\xi_2 = 38,50$; $E_2(\xi_2) = 18,65$; tandis que les probabilités d'atteindre l'âge normal diffèrent de $l(\xi) = 0,28232$ de moins de 1 pour 100. Alors $\bar{t}_0$ est si petit qu'on peut dire sans restriction : pour le même nombre d'observations l'âge limite pour les Indes est supérieur à l'âge limite pour l'Australie.

La raison de ce paradoxe est bien simple : le plus grand écart à attendre pour une distribution quelconque est un multiple de l'écart type. Mais, pour une table de survie défavorable relative à une autre, l'écart type sera plus grand. Étant donné cette supériorité des tables défavorables, les renseignements sur des hommes vivants à un niveau bas, qui pourtant auraient atteint des hauts âges ne sont pas nécessairement dénués de tout sens. Il y a donc deux points de vue contraires pour juger une table de mortalité : l'âge normal et l'âge limite. Le critère usuel est préférable, même si l'âge normal plus élevé entraîne une mort « prématurée » du dernier survivant.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une généralisation d'un théorème de Monge.* Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. d'Ocagne.

Nous avons donné précédemment ([2]) quelques résultats obtenus en utilisant la notion de moment d'inertie dans l'étude du complexe de Painvin. Les possibilités d'application de cette notion sont nombreuses, et parmi elles il nous a paru intéressant de développer les propriétés ci-après :

Appelons *isogyres* les surfaces enveloppes des plans de rayon de gyration constant, pour un système de masses donné. Ces isogyres sont des quadriques homofocales, propriété bien connue.

Nous montrons qu'inversement, une quadrique à centre donnée Q peut être considérée comme l'isogyre d'un système de masses, pour lequel on

---

([1]) *United States Life Tables* 1890, 1901, 1910, 1901-10. *Washington Government Printing Office*, 1921.

([2]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 654.

sait déterminer une infinité simple d'ellipsoïdes susceptibles de jouer le rôle d'ellipsoïde central d'inertie. Ces ellipsoïdes sont homofocaux de la quadrique conjuguée de la quadrique Q.

D'autre part, on sait que les points admettant un rayon de gyration polaire constant se trouvent sur une sphère.

En combinant les deux dernières propriétés ci-dessus, nous obtenons immédiatement, par voie purement géométrique, et sans faire intervenir les propriétés de l'ombilicale, cette généralisation d'un théorème classique de Monge : *le lieu des sommets des trièdres trirectangles dont les faces sont tangentes à une, deux ou trois quadriques homofocales, est une sphère* Σ.

Cette sphère Σ demeure fixe si l'on fait varier les quadriques enveloppes des faces du trièdre, en maintenant constante la somme des paramètres qui déterminent ces enveloppes dans la famille homofocale.

Soient en outre Q_1 et Q_2 les ellipsoïdes centraux d'inertie de deux systèmes de masses S_1 et S_2, dont on fait varier le rapport des masses m_1/m_2; le système total $S = S_1 + S_2$ admet un ellipsoïde central qui varie de telle sorte que sa quadrique conjuguée appartienne au faisceau tangentiel déterminé par les quadriques conjuguées des ellipsoïdes Q_1 et Q_2.

Cette troisième propriété, ajoutée aux deux autres, conduit tout naturellement à cette généralisation d'un théorème classique : *les lieux des sommets des trièdres trirectangles dont les faces touchent une, deux, ou trois quadriques, homofocales d'une quadrique d'un faisceau linéaire tangentiel, sont des sphères, qui appartiennent elles-mêmes à un faisceau ponctuel, quand la somme des paramètres, qui définissent les quadriques homofocales, est constante.*

On obtient de la même façon un théorème semblable pour les quadriques d'un réseau linéaire tangentiel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application de la méthode des approximations successives de M. Picard à l'étude des équations du second ordre elliptiques et non linéaires à trois variables indépendantes.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. Envisageons l'équation aux dérivées partielles du second ordre

$$\Delta u = F(x, y, z; u, u_x, u_y, u_z), \tag{1}$$

[1] Séance du 29 octobre 1934.

F étant une fonction continue des sept arguments dans la sphère S de rayon R et de centre O ainsi que sur la surface Σ et lorsque l'on a les inégalités

(2) $$|u| \leqq L,$$

(3) $$|u_x|, \quad |u_y|, \quad |u_z| \leqq L'.$$

Supposons remplie la condition généralisée de Lipschitz (3)

$$|F(x, y, z; u, u_x, u_y, u_z) - F(x, y, z; u', u'_x, u'_y, u'_z)|$$
$$\leqq \frac{A_1}{\delta^2}|u - u'| + \frac{A_2}{\delta}[|u_x - u'_x| + |u_y - u'_y| + |u_z - u'_z|],$$

δ étant la distance du point $M(x, y, z)$ de Σ. Supposons aussi remplie une condition de Hölder par rapport à x, y, z.

Supposons enfin que le rayon R assez petit pour que l'on ait les inégalités

(4) $$\frac{MR^2}{6} \leqq L,$$

(5) $$6MR \leqq L',$$

M étant le module maximum de F dans le domaine envisagé.

2. Pour obtenir une intégrale de (1) s'annulant sur S envisageons la fonction G(P, M) de Green de la sphère S,

(6) $$G(P, M) = \frac{1}{r} - \frac{1}{r_1},$$

où l'on a

(7) $$r_1^2 = r^2 + \frac{(R^2 - a^2)(R^2 - d^2)}{R^2},$$
$$a = OM, \qquad d = OP, \qquad r = MP,$$

$P(\xi, \eta, \zeta)$, point variable; $M(x, y, z)$, pôle.

Envisageons l'intégrale

(8) $$I = \int_S G(P, M) \frac{1}{(R - \sigma)^{1+m}} d\xi\, d\eta\, d\zeta$$
$$(0 < m < 1, \quad \sigma = OP).$$

On trouve facilement

(9) $$I = \frac{4\pi(R - a)^{1-m}}{am(1 - m)(2 - m)}[-2R^{1-m}(R - a)^m + 2R - am],$$

ce qui donne l'inégalité

(10) $$I \leqq A\,\delta^{1-m}, \qquad A = \frac{4\pi}{m(1 - m)}.$$

Majorons maintenant les dérivées

$$(11)\qquad I_x = \int_S G_x \frac{1}{(R-\sigma)^{1+m}}\, d\xi\, d\eta\, d\zeta,\ I_y,\ I_z.$$

Elles sont majorées par l'intégrale

$$(12)\qquad I_a = \int_S |G_a| \frac{1}{(R-\sigma)^{1+m}}\, dV \qquad \left(G_a = \frac{\partial}{\partial a} G\right).$$

Or on trouve les inégalités toujours valables

$$(13)\qquad |G_a| \leqq \frac{2\delta'(4\delta + r)}{r^4} \qquad (\delta' = R - d),$$

$$(14)\qquad |G_a| \leqq \frac{3}{r^2}.$$

On partage la sphère S en plusieurs parties au moyen de la sphère S′ de centre M et de rayon δ, du cône K de sommet O et tangent à S′ (dans le cas de $\delta < R/2$) et au moyen des surfaces sphériques $\Sigma_{R-\delta/2}$, $\Sigma_{R-2\delta}$ de centre O et de rayons $R - \delta/2$, $R - 2\delta$. Un calcul que l'on pourrait facilement améliorer donne alors

$$(15)\qquad J \leqq B\,\delta^{-m},$$

où B est le nombre non inférieur aux nombres

$$B' = \left(\frac{320\sqrt{2}}{m} + \frac{160 \cdot 2^{\frac{1}{2}-m}}{1-m} + \frac{576 \cdot 2^m}{1-m} + 24 \cdot 2^m\sqrt{5} + \frac{160 \cdot 2^{-m}}{2+m}\right)\pi$$

et

$$B'' = \left(\frac{2304 \cdot 2^m}{1-m} + 96 \cdot 2^m\right)\pi.$$

3. Ceci posé, la méthode de M. Picard donne la série absolument et uniformément convergente des approximations successives pourvu que l'on ait l'inégalité

$$(16)\qquad \frac{AA_1 + 3BA_2}{4\pi} < 1.$$

Les inégalités (13), (14) qui jouent un rôle fondamental peuvent être établies dans le cas d'un domaine général. En appliquant les résultats connus de MM. Zaremba, Lichtenstein etc., on parvient aux inégalités analogues à (10) et (15), ce que je me propose d'établir ailleurs.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la dérivée angulaire des fonctions univalentes.* Note [1] de M. **Cornelis Visser**, présentée par M. Émile Borel.

Soit la fonction $w(z) = w(x+yi) = u+vi$ holomorphe et de partie réelle positive dans le demi-plan $D(x>0)$. Il existe alors, comme l'a démontré M. Wolff, un nombre $\lambda \geqq 0$, tel que u/x, w/z et $w'(z) \to \lambda$ dans tout angle $|y| \leqq px$ lorsque $z \to \infty$ [2]. λ s'appelle la dérivée angulaire de $w(z)$ à l'infini.

Dans le cas d'une fonction $w(z)$ univalente, représentant D sur un domaine intérieur G, l'inégalité $\lambda > 0$ exprime la conformité de la représentation à l'infini. Quelques conditions qui sont suffisantes pour que cela se présente sont connues [3]. Je veux indiquer ici une condition nécessaire et suffisante.

J'utilise la notion de *rayon conforme*. Soit Δ un domaine simplement connexe dont la frontière ne se réduit pas à un point. Considérons la fonction $\varphi(z)$ qui fait la représentation conforme de Δ sur un disque circulaire, ayant son centre à l'origine, de façon que $\varphi(a) = 0$ et $\varphi'(a) = 1$, a étant un point de Δ. C'est le rayon du disque circulaire qui est nommé rayon conforme de Δ au point a et que je représenterai par $k(\Delta, a)$.

Cela posé, on peut énoncer le théorème suivant :

Théorème. — *Soit* G *un domaine intérieur au demi-plan* $D(x>0)$. *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une fonction*

$$w(z) = w(x+yi) = u+vi$$

représentant D *conformément sur* G *avec une dérivée angulaire positive à l'infini, est que :*

1° G *contient des angles d'ouverture aussi proche de* π *que l'on veut;*

2° *Il existe dans* G *une courbe* Γ *qui part d'un point* c *de* G *et reste, en s'éloignant indéfiniment, toujours intérieure à un angle* $|v| \leqq pu$, *telle que*

---

(1) Séance du 29 octobre 1934.

(2) J. Wolff, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 500.

(3) C. Carathéodory, *Sitzungsberichte der Pr. Ak. der Wiss.*, 1929, p. 39; G. Valiron, *Bulletin des Sciences math.*, **53**, 1929, p. 70; L. Ahlfors, *Acta Soc. Scient. Fennicae*, Nova Series A, **1**, IX, 1930; J. Wolff, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 921; C. Visser, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1388; J. G. van der Corput, *Proc. Kon. Ac. van Wetensch. Amsterdam*, **33**, 1932, p. 330.

l'intégrale

$$\int_{\mathcal{C}}^{\infty}\left(\frac{1}{k(G, w)} - \frac{1}{2u}\frac{du}{ds}\right)ds,$$

où s signifie la longueur d'arc sur Γ, converge.

On voit sans peine que cette condition est nécessaire en prenant pour Γ l'image du segment $1 \leqq x < \infty$ de l'axe réel et en utilisant la relation

$$|w'(z)| = \frac{k(G, w)}{k(D, z)}.$$

Pour démontrer que la condition est suffisante j'ai fait usage d'un théorème de Carathéodory et Valiron qui s'exprime ainsi ([1]):

Pour que la dérivée angulaire λ soit supérieure ou égale à λ_0, il suffit qu'il existe une suite de nombres z_n tels que

$$|z_n| \to \infty, \qquad |w(z_n)| \to \infty \qquad \textit{lorsque } n \to \infty,$$

$$\frac{x_n}{|z_n|^2}\,\frac{|w(z_n)|^2}{u(z_n)} \geqq \lambda_0 \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Je me propose de revenir d'une façon plus détaillée sur ces questions dans un Mémoire qui paraîtra ailleurs.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les transformations pseudo-conformes du produit topologique de deux domaines.* Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

Rappelons le résultat classique : dans l'espace de deux variables complexes x et y, le domaine

$$|x| < 1, \qquad |y| < 1$$

n'admet pas d'autre transformation pseudo-conforme ([2]) biunivoque en lui-même que les transformations

$$x \to S(x), \qquad y \to T(y),$$

combinées avec la transformation

$$x \to y, \qquad y \to x;$$

([1]) G. Valiron, *Bulletin des Sciences math.*, 55, 1931, p. 105.

([2]) L'usage s'est établi d'appeler ainsi une transformation définie, dans l'espace de n variables complexes, par n fonctions analytiques des n variables complexes.

$S(x)$ [ou $T(y)$] désigne la transformation (homographique) la plus générale du domaine $|x| < 1$ [ou $|y| < 1$] en lui-même.

On peut généraliser de la façon suivante. Plaçons-nous dans l'espace de n variables complexes, et partageons ces variables en deux groupes $x_1, \ldots, x_p$ et $y_1, \ldots, y_q$ $(n = p + q)$. Toute transformation pseudo-conforme sera désignée par la notation

$$x \to f(x, y), \qquad y \to g(x, y),$$

f désignant p fonctions holomorphes des $p + q$ variables x_i et y_j, et g désignant q fonctions holomorphes des mêmes variables.

Considérons, dans l'espace des p variables (x), un domaine [1] *borné* D_x, et, dans l'espace des q variables (y), un domaine *borné* D_y. Le produit topologique de ces deux domaines est un domaine D de l'espace (x, y).

Théorème I. — *Toute transformation pseudo-conforme biunivoque de* D *en lui-même est le produit d'une transformation biunivoque de* D_x *en lui-même par une transformation biunivoque de* D_y *en lui-même. Du moins, cela est vrai pour toutes les transformations de* D *qui sont assez voisines de la transformation identique.*

Il résulte de là que le groupe du domaine D se compose d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable de familles, dont l'une est le produit direct du groupe de D_x par le groupe de D_y. En particulier, si le groupe de D est transitif dans D, le groupe de D_x est transitif dans D_x et le groupe de D_y est transitif dans D_y.

Le théorème I est un cas particulier du théorème suivant :

Théorème II. — *Soient toujours* D_x *un domaine borné de l'espace* (x), *et* D_y *un domaine borné de l'espace* (y). *Soit* Δ *un domaine de l'espace* (x, y) *qui contienne à son intérieur le produit topologique de* D_x *et* D_y, *mais qui soit intérieur au produit topologique de* D_x *par l'espace* (y) *tout entier. Alors si une transformation pseudo-conforme biunivoque de* Δ *en lui-même*

$$x \to f(x, y), \qquad y \to g(x, y)$$

est assez voisine de la transformation identique, $f(x, y)$ *est indépendant de* y, *et la transformation*

$$x \to f(x)$$

est une transformation biunivoque de D_x *en lui-même.*

Pour établir le théorème II, on utilise la métrique de M. Carathéodory.

---

(1) Il s'agit de domaines univalents ou non, pouvant posséder des variétés de ramification.

Rappelons que, dans un domaine borné Δ, la pseudo-distance d'un point M à un point O peut être définie comme la borne supérieure, au point M, du module des fonctions nulles en O et de module inférieur à *un* dans Δ. Signalons que la démonstration du théorème II nécessite le lemme suivant :

Si Δ contient l'hypersphère de centre O *et de rayon r, mais est intérieur à l'hypersphère de centre* O *et de rayon* R, *la pseudo-distance d'un point variable* M *au point* O *est une fonction monotone sur chaque demi-droite issue de* O, *tant que* M *reste intérieur à une hypersphère de centre* O *et de rayon ρ assez petit; il suffit, pour cela, que l'on ait*

$$\frac{3\frac{\rho}{r} - 2\frac{\rho^2}{r^2}}{1 - \frac{\rho}{r}} < \frac{r}{R}.$$

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une méthode nouvelle pour l'étude de la détonation dans le moteur.* Note de M. **Tchang Te-Lou**, présentée par M. Émile Jouguet.

Le phénomène de la détonation provoque dans le moteur un accroissement local et momentané de pression et de température assez élevé [1]. Il est bon de pouvoir caractériser scientifiquement son intensité.

Selon notre sentiment, à la valeur de la surpression maxima instantanée produite on doit adjoindre, pour caractériser l'intensité de la détonation, la valeur de la dérivée maxima dp/dt de la pression par rapport au temps (c'est cet élément qui détermine la percussion sur la paroi de la culasse). Nous avons donc cherché à mesurer directement cette valeur dp/dt.

A cette fin, un petit aimant avec bobine du type du moteur des écouteurs de téléphone est convenablement disposé au voisinage d'une membrane qui reçoit la pression des gaz ou au voisinage même de la paroi de la chambre de combustion à laquelle a été fixée directement une pièce en métal magnétique. Le déplacement de ces éléments devant l'aimant induit dans la bobine des forces électromotrices qui, grâce à un dimensionnement convenable, peuvent être rendues proportionnelles à la vitesse du déplacement de la membrane ou de la paroi. Cette dernière étant extrêmement rigide, ses déplacements sont faibles et proportionnels à la pression.

---

(1) Serruys, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1228 et 1376.

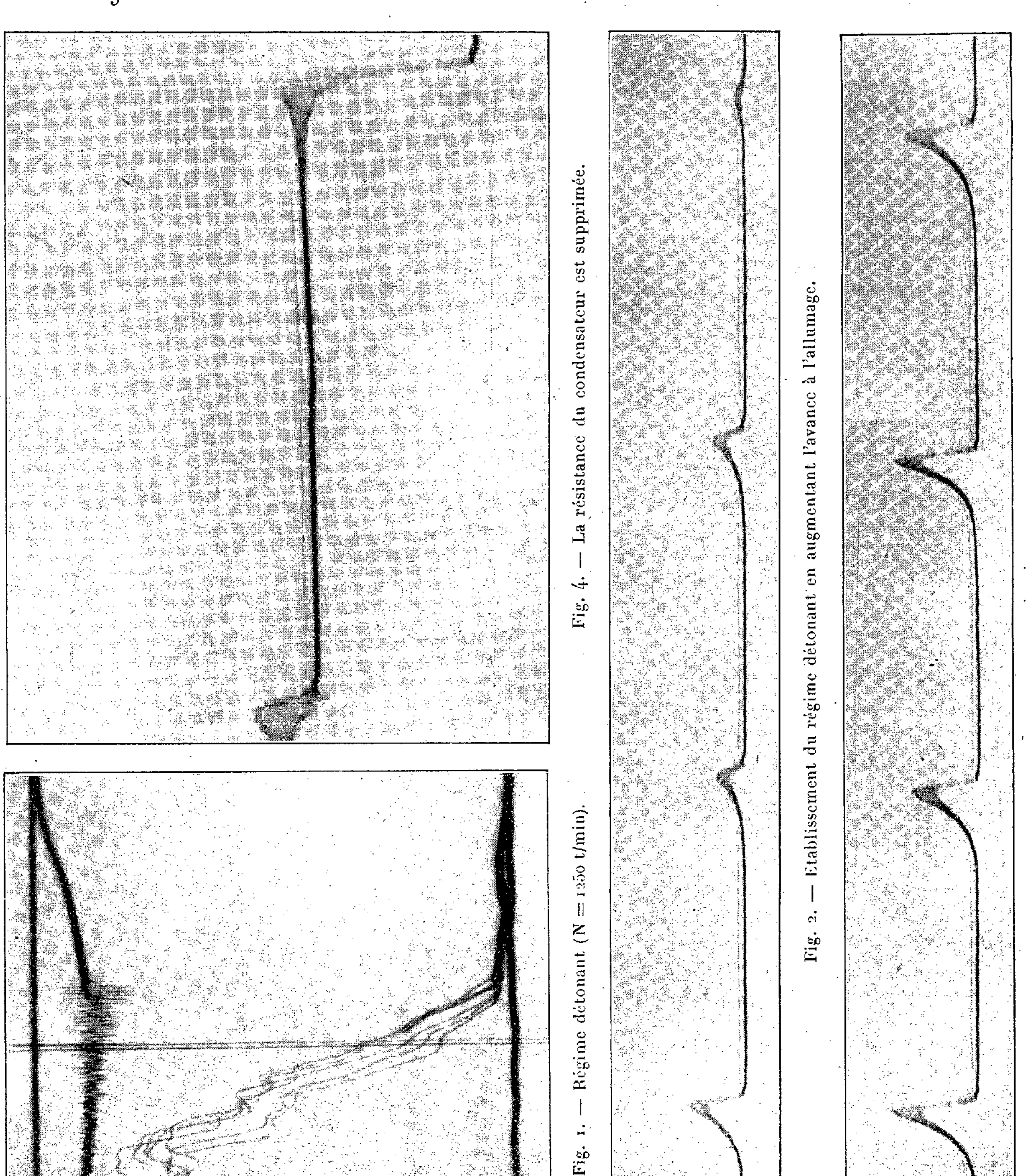


Fig. 1. — Régime détonant (N = 1250 t/min).

Fig. 2. — Établissement du régime détonant en augmentant l'avance à l'allumage.

Fig. 3. — Variation de l'intensité de la détonation, l'avance à l'allumage restant fixe.

Fig. 4. — La résistance du condensateur est supprimée.

Dans un premier montage utilisé dans nos expériences, les forces électromotrices étaient mesurées par emploi d'une lampe triode en les faisant agir sur la grille. Un oscillographe Dubois donnait l'intensité du courant de plaque. On obtient ainsi une courbe *dp/dt* en fonction du temps. Pour permettre à cet oscillographe dont la fréquence propre est relativement peu élevée de suivre correctement la variation du courant plaque, nous avons eu l'idée de déterminer la valeur maxima de la force électromotrice en insérant dans le circuit de grille un montage du type de ceux employés en T.S.F. pour la détection.

Nous donnons dans la figure 1 deux diagrammes pris simultanément, l'un avec le manographe de M. Serruys et l'autre avec notre appareil. Celui du haut est le diagramme de pression et celui du bas le diagramme du courant plaque traduisant l'accroissement brusque de *dp/dt*. On constate que les deux appareils décèlent l'apparition de la détonation sensiblement au même instant et que la valeur maxima de *dp/dt* atteinte dans la période de détonation est au moins 20 fois la valeur de la même quantité dans la période de combustion normale.

Notre technique permet donc de déterminer l'instant de l'apparition de la détonation et de donner un des éléments importants (*dp/dt* maxima) propres à caractériser son intensité, et cela sans aucune modification de la disposition interne de l'enceinte contenant le mélange (orifice de communication avec le cylindre, élément spécial rapporté dans la paroi, etc.).

Si l'on supprime la résistance qui shunte le condensateur dans le montage de détection, la charge négative de la grille et de l'armature qui lui est reliée, charge produite par l'augmentation brusque de *dp/dt*, demeure sensiblement constante pendant une longue période (*fig.* 4). Dans ces conditions un milliampèremètre suffit pour déterminer la valeur maxima de *dp/dt*, en faisant une interprétation convenable du courant mesuré.

Nous estimons que, par cet artifice, nous sommes parvenu sinon à une mesure d'intensité de la détonation, du moins à obtenir un élément numériquement et physiquement bien défini au lieu d'un simple argument de repérage comme dans des appareils usités qui la caractérisent. Et notre procédé n'exige pas l'ouverture d'un accès dans la chambre de combustion.

Sur ces bases, nous avons étudié d'abord la production et le maintien du régime détonant par un accroissement brusque de l'avance à l'allumage. Les résultats d'un essai sont enregistrés sur un diagramme de plusieurs mètres de longueur dont nous donnons les coupures (*fig.* 2, 3 et 4).

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la réalité de la corrélation observée entre les excentricités et les périodes des étoiles doubles.* Note (1) de M. **Daniel Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Depuis longtemps déjà on a mis en évidence une relation sensiblement linéaire entre les excentricités et les logarithmes des périodes des étoiles doubles, relation valable aussi bien pour les couples visuels que pour les couples spectroscopiques. Depuis quelques années seulement on se demande si cette relation ne serait pas seulement apparente, c'est-à-dire produite par la sélection des couples qu'il est possible d'étudier. J'ai indiqué précédemment (2) pour les couples visuels comment cette sélection pourrait jouer. Dernièrement C. K. Seyfert a étudié (3) ce problème pour les couples visuels en corrigeant les données à l'aide d'une formule d'Öpik qui fait connaître la probabilité de découvrir un couple dont la séparation et la différence de magnitudes sont données. L'auteur conclut en déclarant que la relation n'est pas sensiblement altérée par la sélection, et que par suite elle est bien réelle. Ceci ne nous semble pas correct car ce qui est le plus important n'est pas la probabilité de découvrir un couple mais bien la probabilité de pouvoir déterminer son orbite. Comme cette probabilité semble bien difficile à définir sans de nombreuses hypothèses nous avons attaqué le problème par une voie différente.

L'accroissement du nombre des orbites connues a évidemment pour conséquence de diminuer les effets de la sélection. Il nous suffit donc d'étudier comment varie la relation étudiée lorsque les données augmentent. Nous avons considéré séparément les couples visuels et les couples spectroscopiques.

Pour les couples visuels on a utilisé les trois Catalogues d'orbites de See (4) [1896, 40 couples], Aitken (5) [1918, 87 couples] et Finsen (6) [1934, 138 couples]. Ces couples d'après leurs périodes ont, pour chaque Catalogue, été divisés en trois groupes égaux et l'on a formé les moyennes

---

(1) Séance du 29 octobre 1934.
(2) *Bulletin astronomique*, 8, 1933, p. 134.
(3) *Harvard Bulletin*, 896, 1934, p. 12.
(4) *Evolution of the Stellar systems*, 1, 1896, p. 244.
(5) *The Binary Stars*, 1918.
(6) *Union Observatory Circular*, 91, 1934, p. 23.

de leurs excentricités et des logarithmes de leurs périodes. Ensuite, par la méthode des moindres carrés, on a représenté ces données, pour chaque Catalogue, par une relation linéaire

$$e = \alpha + \beta \log_{10} P_{an}.$$

On a trouvé :

	See.	Aitken.	Finsen.
α	$0,101 \pm 0,122$	$0,143 \pm 0,015$	$0,288 \pm 0,013$
β	$0,210 \pm 0,068$	$0,198 \pm 0,008$	$0,121 \pm 0,007$

On voit que la pente de ces droites diminue constamment avec l'accroissement des données. Pour une pente nulle il n'y aurait plus aucune corrélation. Les deux dernières droites, les mieux déterminées, se coupent pour $\log P_{an} = 1,87$; $e = 0,51$. Nous avons en outre examiné l'accroissement du log du nombre des couples d'orbites connues avec le temps pour quatre groupes de périodes. Cet accroissement est à peu près constant sauf pour les périodes intermédiaires et en particulier pour celles telles que

$$1,5 < \log P_{an} < 1,8.$$

Pour celles-ci l'accroissement devient très faible, par suite il est peu probable que l'excentricité moyenne correspondante qui est de 0,48 soit très modifiée dans l'avenir, il en serait de même pour le point $\log_{10} P = 1,87$, $e = 0,51$ qui est déjà à l'intersection de deux droites et l'on peut se demander si les excentricités et les périodes ne sont pas réellement indépendantes, la valeur moyenne de l'excentricité étant voisine de 0,5.

La même étude a été reprise pour les couples spectroscopiques à l'aide des catalogues de Campbell (¹) (1910, 58 couples), Aitken (*loc. cit.*) (1918, 142 couples) et Moore (²) (1924, 253 couples). On a trouvé pour la droite

$$e = \alpha + \beta \log_{10} P_{\text{jours}}.$$

	Campbell.	Aitken.	Moore.
α	$0,026 \pm 0,046$	$0,047 \pm 0,020$	$0,047 \pm 0,024$
β	$0,151 \pm 0,030$	$0,132 \pm 0,014$	$0,123 \pm 0,018$

ici encore la pente de la droite décroît avec le temps. L'accroissement des données reste à peu près uniforme sauf pour les périodes supérieures à 100 jours pour lesquelles il est devenu très faible. L'excentricité moyenne des

(¹) *Lick Obs. Bulletin*, 6, 1910, p. 17.
(²) *Lick Obs. Bulletin*, 11, 1924, p. 141.

couples correspondants, voisine de 0,30 sera relativement peu modifiée dans l'avenir alors que pour les périodes faibles l'excentricité pourra augmenter beaucoup.

Il serait déraisonnable de vouloir tirer de l'étude précédente des conclusions trop précises. *On peut affirmer eependant que la sélection des couples joue un rôle très important dans la relation entre les périodes et les excentricités.* Aucune des trois hypothèses suivantes ne peut être d'ailleurs définitivement exclue.

a. Il existe réellement une faible corrélation entre les excentricités et les périodes.

b. Il n'existe aucune corrélation, mais les doubles visuelles et les doubles spectrographiques forment deux groupes ayant des excentricités moyennes distinctes.

c. Il n'existe aucune corrélation, tous les couples quelle que soit leur période ayant la même excentricité moyenne qui pourrait bien être voisine de 0,5.

Toutes les recherches théoriques pour expliquer la relation période-excentricité ayant échoué, je donnerai la préférence à l'une ou l'autre des deux dernières hypothèsss, plus spécialement à la dernière car il ne semble pas y avoir de différences intrinsèques profondes entre les deux groupes d'astres considérés.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Densité et constitution moléculaire d'un liquide pur normal.* Note (¹) de M. **Raymond Lautié**, présentée par M. G. Urbain.

Désignons par γ la tension superficielle d'un liquide pur de poids moléculaire M, de densité absolue D, en équilibre, à la température absolue T, avec sa vapeur de densité absolue d, par h la hauteur du liquide dans un tube capillaire cylindrique de rayon intérieur r, par θ la température caractéristique, égale à la différence entre la température critique absolue T_c et T, par Δ la différence entre D et d mesurées à la même température θ et par g l'accélération de la pesanteur.

L'expérience montre que, dans le cas d'un liquide pur normal ou peu dissocié, γ, Δ et par conséquent h sont sensiblement des fonctions exponen-

(¹) Séance du 15 octobre 1934.

tielles simples de θ :

(1) $$\gamma = \frac{1}{2} gh\,\Delta = k_1 \theta^x,$$

(2) $$h = k_2 \theta^y \quad \text{avec} \quad y = x - z,$$

(3) $$\Delta = k_3 \theta^z.$$

Nous allons montrer que, pour un liquide normal, x, y et z sont pratiquement des constantes indépendantes de θ et de la nature de la molécule et que k_1, k_2 et k_3 sont calculables *a priori* si l'on connaît la structure moléculaire.

Comparons la formule empirique (4) de Mac Leod-Sugden [1], satisfaite pour les liquides normaux,

(4) $$\gamma = \frac{P^4}{M^4} \Delta^4,$$

où P est une somme d'incréments appelés *parachors* qui caractérisent les atomes, les liaisons et les particularités de l'édifice moléculaire, et la formule (5) d'Eötvös-Ramsay et Shields [2]

(5) $$\gamma \frac{M^{\frac{2}{3}}}{d^{\frac{2}{3}}} = (2,121)\theta,$$

que nous pouvons regarder comme une conséquence de la théorie cinétique.

Au-dessous de la température T*e* d'ébullition sous la pression atmosphérique, (d) étant négligeable devant D, nous obtenons

(6) $$D = \left(\frac{2,121}{P^4}\right)^{\frac{3}{10}} M \theta^{\frac{3}{10}}$$

ou, ce qui est souvent préférable,

(7) $$\left(\frac{D}{M}\right)^{\frac{10}{3}} \frac{P^4}{\theta} = \chi \quad \text{avec} \quad 2,04 < \chi < 2,17.$$

Des résultats précédents, nous déduisons successivement :

(8) $$k_3^{\frac{10}{3}} = \frac{M^{\frac{10}{3}}}{L^4} \quad \text{avec} \quad L = \frac{P}{1,207},$$

(1) MAC LEOD, *Trans. Far. Soc.*, **19**, 1923, p. 38; SUGDEN, *Journ. Chem. Soc.*, **125**, 1924, p. 1177.

(2) EÖTVÖS, *Wied. Ann.*, **27**, 1886, p. 452; RAMSAY et SHIELDS, *Zeits. f. phys. Chem.*, **12**, 1893, p. 433.

et

(9) $$x=\frac{6}{5},\qquad y=\frac{9}{10},\qquad z=\frac{3}{10},$$

(10) $$L^4=\left(\frac{M}{\Delta}\right)^{\frac{10}{3}}\theta.$$

Dans le tableau ci-dessous, nous avons comparé les résultats relatifs au formiate de méthyle, d'après les expériences de Ramsay et Shields, avec les résultats calculés à partir des formules

(*a*) $$\Delta=0,2003\,\theta^{\frac{3}{10}},$$

(*b*) $$\gamma=27,46\,\Delta^4 \quad \text{C. G. S.},$$

(*c*) $$\gamma=0,0442\,\theta^{\frac{6}{5}} \quad \text{C. G. S.}$$

$t°$..........	30.	40.	50.	100.	150.	200.	t_c 214.
Δ exp..........	0,9576	0,9416	0,9254	0,8281	0,6897	0,4134	0
Δ calc..........	base	0,9416	0,9250	0,8293	0,6975	0,4421	0
γ exp..........	23,09	21,56	20,05	12,90	6,30	0,87	0
γ par *b*.........	base	21,58	20,09	12,91	6,21	0,81	0
γ par *c*.........	base	21,58	20,10	12,99	6,49	1,04	0

Nous donnons ci-dessous quelques valeurs d'incréments de L :

Atome			Liaison		Fermeture d'une chaîne à				
C.	H.	Az.	double.	triple.	3at.	4at.	5at.	6at.	7at.
3,9	14,1	10,3	19,2	38,6	18,6	9,9	7,0	5,0	3,8

Grâce à ces incréments, nous calculons L et le comparons à L déduit des données expérimentales et de la formule (10). Prenons pour exemple l'heptane normal C^7H^{16} :

A 70°, d'après Young, $\Delta=0,6388$, $\theta=267-70=197$,
L^4 théorique $=(7\times3,9+16\times14,1)^4=4,09\times10^9$,
L^4 trouvé $=4,07\times10^9$.

L'accord entre ces deux valeurs est satisfaisant.

Si T_c n'est pas connu, $k_3^{\frac{10}{3}}$ est déduit de

(11) $$\frac{\Delta_1^{\frac{10}{3}}-\Delta_2^{\frac{10}{3}}}{T_2-T_1}=k_3^{\frac{10}{3}}$$

et comparé à la valeur calculée par la formule (10), pourvu que T_2-T_1 dépasse 20°.

CALORIMÉTRIE. — *L'application de la loi de refroidissement de Newton à la mesure de très faibles effets thermiques.* Note [1] de MM. **Wojcśech Swietoslawski** et **Joreph Salcewicz**, transmise par M. G. Urbain.

L'application du microcalorimètre adiabatique a conduit à la mesure d'effets thermiques de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} cal/g de substance et par heure. Nous nous sommes efforcés de trouver une nouvelle méthode, capable d'augmenter la précision actuelle de pareilles mesures. Dans ce but nous avons eu recours au calorimètre construit par l'un de nous, en l'utilisant comme enceinte isothermique ($\pm 0°,001$) et nous avons étudié les courbes de refroidissement et de réchauffement d'un bloc formé de 2-5^{kg} de la substance dégageant la chaleur en quantité très minime, ou un bloc massif contenant une faible source continue de chaleur.

Sur la figure ci-après t_0 désigne la température de l'enceinte calorimétrique, t_1 (ou t_2) la température du bloc au moment τ_1; t_a la température correspondant à l'équilibre thermique stable établi entre l'enceinte (t_0) et le bloc chauffé par un processus continu.

Les courbes $t_2 t_a$ (refroidissement) et $t_1 \mathrm{P} t_a$ (réchauffement) représentent la variation en fonction du temps de la température en un point du bloc. Comme dans le cas considéré les différences $t_2 - t_a$ et $t_a - t_1$ ne dépassent pas $0°,070$, il semble que la loi de refroidissement de Newton puisse être appliquée sous la forme suivante :

$$\frac{dt}{d\tau} = \mathrm{B}(t - t_0 \pm \Delta t)$$

où B représente la constante de refroidissement; $\Delta t = t_a - t_0$ le surplus de la température du bloc par rapport à la température de l'enceinte isothermique. Ce dernier terme est affecté des signes + ou — suivant les conditions de l'expérience (refroidissement ou échauffement du bloc). Pour l'état d'équilibre thermique, l'équation précédente se transforme

$$\frac{dt}{d\tau} = a = \mathrm{B}\,\Delta t,$$

où a représente la vitesse (en degrés par heure) avec laquelle le bloc se réchauffe spontanément quand il est entouré par une enceinte chauffée avec

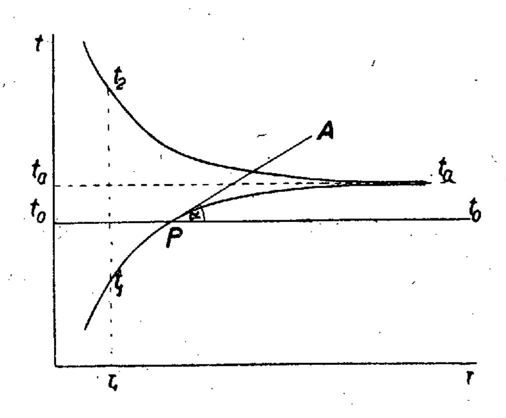
---

[1] Séance du 29 octobre 1934.

la même vitesse. L'expérience permet de déterminer les valeurs B, Δt et a :

1° en étudiant les courbes de refroidissement ou de réchauffement en général, ce qui conduit à la détermination de B, de Δt; d'après ces valeurs on calcule a;

2° en se limitant à l'étude de la valeur de tangα, où α représente l'angle que forme avec l'axe des temps la tangente PA à la courbe de refroidissement au point P correspondant au moment, où la température mesurée est égale à celle de l'enceinte : dans ce cas $a = \tan\alpha$.



La valeur Δt peut être vérifiée par l'expérience immédiate. Dans ce cas on détermine la limite commune vers laquelle les deux courbes tendent asymptotiquement. A titre d'exemple nous avons exécuté la mesure de la chaleur produite par un échantillon de pechblende. La pechblende (5600^g) est restée renfermée hermétiquement dans le récipient depuis cinq mois. Après une période de trois semaines l'accroissement par heure de la température diminuait de 0°,0034/h jusqu'à 0°,0021/h. Au bout de ce temps la chaleur dégagée restait constante, mais était considérablement plus grande que celle calculée d'après les données des autres auteurs. Les résultats obtenus ont été rassemblés ci-dessous :

1. Mesures adiabatiques (6 mesures)...........	$a = 0,00207 \pm 10$ %
2. Déterminations de B, Δt et a d'après les deux courbes (4 mesures)........................	$a = 0,00207 \pm 4,0$ %
3. Détermination immédiate de tangα (2 mesures).	$a = 0,00210 \pm 2,5$ %
4. Détermination immédiate de Δt............	$a = 0,00207 \pm 3,0$ %

Les recherches seront reprises à intervalles convenables afin de se rendre

compte si la chaleur dégagée n'est pas augmentée à la suite d'un processus secondaire de longue durée. La pechblende sera en outre examinée au point de vue de la teneur en éléments radiologiques.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur le jeu des ondes, du spin et des nombres* (¹). Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La structure fine. — Considérons la particule de masse M_0 décrivant, dans le temps $\mathcal{T}+d\mathcal{T}$, une circonférence de rayon $\mathcal{R}+d\mathcal{R}$ à la vitesse $V+dV$. Les trois variations en cause sont liées par les deux relations, $2\,d\mathcal{T}/\mathcal{T}=3\,d\mathcal{R}/\mathcal{R}$ et $dV/V+d\mathcal{T}/\mathcal{T}=d\mathcal{R}/\mathcal{R}$, d'où l'on tire :

$$\frac{dV}{V}=-\frac{1}{3}\frac{d\mathcal{T}}{\mathcal{T}}. \tag{6}$$

Désignons par p un nombre entier tel que $0\leqq p<n$. Alors que, sur les orbites fondamentales, la particule rencontre l'onde enveloppe et l'onde de structure en leurs phases initiales après avoir parcouru une fraction $(n-p)/n$ de circonférence, en principe il n'en est plus de même dans le cas qui nous occupe. Pour nous rendre compte de l'importance du décalage de la période de structure, remarquons que le rapport de la vitesse apparente qui lui est relative à celle de la particule étant $c^2/(V+dV)^2$, son parcours correspondant vaut :

$$2\pi\mathcal{R}\left(1+\frac{d\mathcal{R}}{\mathcal{R}}\right)\frac{c^2}{V^2\left(1+2\dfrac{dV}{V}\right)}\,\frac{n-p}{n}$$
$$=2\pi\mathcal{R}\left(1+\frac{d\mathcal{R}}{\mathcal{R}}\right)\frac{c^2}{V^2}\,\frac{n-p}{n}-4\pi\mathcal{R}\left(1+\frac{d\mathcal{R}}{\mathcal{R}}\right)\frac{c^2}{V^2}\,\frac{n-p}{n}\,\frac{dV}{V};$$

or, c^2/V^2 étant un nombre entier, 137^2n^2, au premier terme du second membre ne correspond aucun déphasage, de telle sorte que, en tenant compte de (6), l'expression du décalage est :

$$\Delta_s=-4\pi\mathcal{R}\left(1+\frac{d\mathcal{R}}{\mathcal{R}}\right)\frac{c^2}{V^2}\,\frac{n-p}{n}\,\frac{dV}{V}=\frac{2}{3}\,\frac{c^2}{V}\,\frac{n-p}{n}\,d\mathcal{T}.$$

Enfin il est visible que, si, alors que la particule avance d'une fraction $(n-p)/n$ de circonférence, la phase retarde d'une fraction p/n, l'ordre

(¹) Voir *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 702.

se trouve rétabli. Cela implique que $d\mathcal{T}$ doit être négatif et conduit à la relation

$$(7) \qquad \frac{2}{3}\frac{c^2}{V}(n-p)\,d\mathcal{T} = -2\pi\mathcal{R}p \qquad \text{ou} \qquad 3\frac{p}{n-p}\frac{V^2}{c^2} = -2\frac{d\mathcal{T}}{\mathcal{T}}.$$

Les énergies relatives aux trajectoires ainsi définies concordent exactement avec celles qui, dans toutes les théories, caractérisent la structure fine a priori *possible.*

Simultanément la phase de l'onde enveloppe présente un lent mouvement de précession Δ_e. On trouve sans difficulté

$$\Delta_e = \frac{1}{3}c\frac{n-p}{n}d\mathcal{T},$$

et il s'ensuit que ce mouvement est une partie aliquote du décalage de la période de structure : $\Delta_s/\Delta_e = 2 \times 137n$.

C'est le spin qui va nous fournir la règle de sélection. Calculons la variation dN du nombre des rencontres de la particule avec l'onde de structure au cours de l'une de ses révolutions; en utilisant (5) et (7), il vient :

$$(8) \qquad dN = \frac{d\mathcal{T}}{T} = -\frac{3}{2}\frac{p}{n-p}\frac{V^2}{c^2}\frac{\mathcal{T}}{T} = -\frac{3}{2}\frac{np}{n-p}.$$

On obtient ainsi numériquement : pour $n=1$, $-dN=0$; pour $n=2$, $-dN=0$ et 3; pour $n=3$, $-dN=0$, $2+1/4$ et 9; pour $n=4$, $-dN=0$, 2, 6 et 18; pour $n=5$, $-dN=0$, $2-1/8$, 5, $11+1/4$ et 30; pour $n=6$, $-dN=0$, $2-1/5$, $4+1/2$, 9, 18 et 45; ....

Les orbites effectivement stables sont celles pour lesquelles la variation est nulle ou multiple de 3. Il y en a 14 [1] sur 21, et l'on voit en particulier que la raie H_α doit comporter quatre composantes, qui correspondent respectivement aux nombres 0 et 3, pour $n=2$, et aux nombres 0 et 9, pour $n=3$. Ce résultat apparaît comme conforme aux faits expérimentaux [2], et il est à remarquer qu'il est acquis en tenant compte de l'entraînement du noyau.

Le rapport de la masse du proton à celle de l'électron. — On sait que, en désignant par R et ρ les rayons hypersphérique et classique de l'électron, le spin est caractérisé par un pivotement de période τ_0 et par une rotation

---

(1) Pour les orbites en cause $n-p$ est une partie aliquote de p.

(2) Louis de Broglie, *L'électron magnétique*, p. 38.

de période $3\tau_0$, ces grandeurs étant liées par les formules (¹)

$$c\tau_0 = \frac{2\pi R}{\sqrt{3}}, \qquad \frac{2}{3}\frac{R}{\rho\sqrt{3}} = \frac{hc}{2\pi e^2} = 137.$$

Éliminons R et représentons par ω et ω_1 les vitesses angulaires en rapport avec le pivotement et la rotation, il vient :

$$\frac{c}{\omega\rho} = \frac{3}{2}\,137 = 205,5, \qquad \frac{c}{\omega_1\rho} = \frac{9}{2}\,137 = 616,5.$$

Pour le proton on obtient des résultats semblables :

$$\frac{c}{\omega'\rho'} = \frac{3}{2}\,137 = 205,5, \qquad \frac{c}{\omega'_1\rho'} = \frac{9}{2}\,137 = 616,5,$$

et l'on aperçoit que, de même que $3 \times 205,5 = 616,5$, le rapport cherché vaut $3 \times 616,5 = 1849,5$ (²).

Physiquement ce nombre signifie qu'il y a une relation simple entre la vitesse angulaire ω'_1 du proton et le rayon classique ρ de l'électron, ou, si l'on préfère, entre ce rayon et le rayon hypersphérique R′ du proton :

$$\frac{c}{\omega'_1\rho} = \frac{1}{3}, \qquad \frac{R'}{\rho} = \frac{1}{3\sqrt{3}}.$$

Dès lors, la constante de Planck s'écrit :

$$(9) \qquad h = m_0 c\frac{2\pi R}{\sqrt{3}} = m'_0 c\frac{2\pi R'}{\sqrt{3}} = m'_0 c\frac{2\pi\rho}{9},$$

les relations (4) permettent d'exprimer simplement le rayon de la trajectoire de l'électron et celle du proton, au choix en fonction de R, de R′, de ρ ou de ρ', et

$$\frac{m'_0}{m_0} = \frac{27}{2}\frac{hc}{2\pi e^2} = \frac{27}{2}\,137.$$

ATOMISTIQUE. — *Potentiels d'ionisation et énergies de formation de quelques molécules d'halogènes.* Note de M. **J. Savard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons proposé (³) une relation permettant de calculer les potentiels d'ionisation d'un grand nombre de molécules simples au moyen de leurs

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1116.
(²) Sir A. Eddington a proposé le nombre $1849,6 = 136^2/10$.
(³) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1122, et **198**, 1934, p. 751.

énergies de formation à partir des atomes

$$D = 2n.I_m \Sigma(n_a I_a) \text{ volts},$$

relation dans laquelle :

D représente l'énergie de dissociation de la molécule normale en atomes normaux, I_m le potentiel d'ionisation expérimental de la molécule (principe de Franck et Condon), I_a celui de l'atome A, n_a un facteur simple et entier attribué à l'atome A avec la condition $\Sigma n_a = 2n$.

Dans un travail récent (¹), Mulliken, pour les molécules halogénées XY (BrCl, ICl, IBr), propose la constitution électronique suivante : $\sigma^2\pi^4\pi^4$, $^1\Sigma^+$, les atomes composants normaux ayant la constitution $(np)^5$, $^2P_{11/2}$.

L'auteur, par des considérations théoriques, a déterminé approximativement les travaux qu'il faudrait dépenser pour éloigner jusqu'à l'infini un électron de la molécule XY, et cela sans que soit modifiée la distance qui sépare les noyaux dans la molécule normale.

Notre relation ayant permis dans de très nombreux cas de calculer en excellent accord avec l'expérience les potentiels d'ionisation, nous avons jugé intéressant de l'appliquer aux molécules ci-dessus afin de comparer nos résultats à ceux de Mulliken.

On sait que les énergies de dissociation des molécules BrCl, ICl, IBr sont respectivement de 2,3, 2,1 et 1,8 volts (1 volt = 23070 cal/mol-g). D'autre part nous avons précédemment déterminé que le coefficient n_a des atomes d'halogènes est égal à 5. On a donc

$$D = 10.I_m - 5(I_x + I_y),$$

d'où l'on tire

Potentiel d'ionisation de BrCl = 12,9 volts
» ICl = 11,9 »
» IBr = 11,6 »

Il importe de signaler que le point de vue auquel se place Mulliken est entièrement différent du nôtre. Cet auteur définit le potentiel d'ionisation théorique de chaque électron. Nous nous bornons au contraire à relier de façon simple et empirique le potentiel d'ionisation expérimental d'une molécule à son énergie de formation.

Quand les potentiels d'ionisation théoriques de deux électrons π_x et π_y, sont très voisins dans la molécule, et si les probabilités de choc électronique ne sont pas trop différentes, on peut se demander si le potentiel expé-

(¹) *Physical Review*, 46, 1934, p. 549.

rimental ne correspondra pas à une valeur moyenne. Quoi qu'il en soit, Mulliken a prévu les potentiels d'ionisation ci-dessous :

BrCl............................	12,53 et 13,66 volts
ICl............................	11,16 et 13,66 »
IBr............................	11,16 et 12,43 »

suivant que l'électron enlevé à la molécule sera un électron π_x ou un électron π_y.

Les valeurs ainsi prévues s'écartant toujours des potentiels expérimentaux connus de quelques dixièmes de volt, les potentiels que nous avons calculés par notre relation sont donc satisfaisants.

Considérons de même les molécules F^2 et HF dont les constitutions électroniques respectives sont : $\sigma^2\pi^4\pi^4$ et $\sigma^2\pi^4$. Les potentiels d'ionisation prévus par les considérations théoriques de Mulliken sont :

Pour F^2, 18,23 volts correspondant à $\sigma^2\pi^4\pi^4$, ${}^1\Sigma_g^* \rightarrow \sigma^2\pi^4\pi^3$, ${}^2\pi_{g,u}$;

Pour HF, 18,23 volts correspondant à $\sigma^2\pi^4$, ${}^1\Sigma^+ \rightarrow \sigma^2\pi^3$, ${}^2\pi$; et $>17,35$ volts correspondant à $\sigma^2\pi^4 \rightarrow \sigma\pi^4$, ${}^2\Sigma^+$.

Les énergies de dissociation de F^2 et HF étant de 2,8 et 6,4 volts, nous calculons par application des relations

$$D = 6.\mathrm{I}_m - 5.\mathrm{I}_F - \mathrm{I}_H \quad \text{et} \quad D = 10(\mathrm{I}_m - \mathrm{I}_F),$$

les potentiels d'ionisation expérimentaux de HF et de F^2, soit : 17,8 et 17,7 volts, en accord satisfaisant avec les prévisions théoriques de Mulliken.

OPTIQUE. — *Influence du pouvoir réflecteur et de l'acuité du bord d'un écran sur la diffraction éloignée.* Note de M. **Jean Savornin**, présentée par M. A. Cotton.

1. Dans une précédente Note [1] sur la diffraction éloignée, nous avons montré que la polarisation donnée par de bonnes lames de rasoir est moindre que ne l'indiquent les théories de Poincaré ou d'Epstein; ce résultat ne peut être attribué à l'aiguisage imparfait des lames, qui donnerait au contraire des valeurs trop grandes. Nous avons cherché si la divergence provenait du fait que l'écran n'est pas parfaitement réfléchis-

---

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 647.

sant. MM. Raman et Krishnan ont montré en effet [1] que l'on peut introduire dans le calcul le pouvoir réflecteur du métal de l'écran; on déduit de leurs résultats que la polarisation est d'autant plus faible que l'écran réfléchit moins la lumière; elle serait nulle pour un écran parfaitement noir et parfaitement aigu (coin parfait).

2. Le montage employé a déjà été décrit. Le faisceau de lumière ($0^{\mu},589$) tombe normalement sur la première face de la lame d'arête prismatique, dont l'angle est 16° environ. Nous avons mesuré dans différentes conditions la rotation ρ d'une vibration rectiligne incidente dirigée à 45° de l'arête diffractante. Le tableau suivant donne les valeurs de $\text{tang}\,\alpha$ observées, en posant $\alpha = \rho + \pi/4$:

Déviations D.	0°.	10°.	15°.	20°.	25°.
tang α observé : 1	1,00	1,18	1,29	1,41	1,54
» 2	1,00	1,28	1,45	1,64	1,87
» 3	1,00	1,10	1,15	1,21	1,28
» 4	1,00	1,15	1,22	1,31	?
» 5	1,00	1,19	1,30	?	–

La ligne 1 correspond à une lame neuve; le tranchant de la lame a été ensuite légèrement émoussé : la polarisation augmente (ligne 2). Puis, la lame a été noircie chimiquement, par immersion dans un bain de NO^3H et C^2H^5OH [2]; la polarisation a *fortement diminué* (ligne 3) : le noircissement de la lame a donc assez peu abîmé le tranchant, pour que l'influence de la diminution du pouvoir réflecteur soit prédominante et très nettement observable. Les lignes 4 et 5 montrent l'augmentation de la polarisation lorsqu'on émousse de plus en plus l'arête de la lame noircie; l'intensité de la lumière diffractée diminue en même temps, et les mesures ne sont possibles que sous des déviations plus faibles.

3. Les résultats indiqués peuvent s'observer quelle que soit la lame employée; on peut à volonté, par noircissement, aiguisage ou en émoussant l'arête, diminuer ou augmenter la polarisation.

L'ensemble des courbes expérimentales représentant $\text{tang}\,\alpha = f(D)$ forme une famille parfaitement régulière, qu'on peut représenter approximativement par la relation empirique

$$\text{tang}\,\alpha - 1 = m\left[\text{tang}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{D}{2}\right) - 1\right],$$

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 116, 1927, p. 254.
(2) *Revue de Chimie industrielle*, 12, 1908, p. 19.

m étant un paramètre *unique* qui dépend, à la fois et dans des sens opposés, de l'acuité de la lame et de son pouvoir réflecteur.

4. On peut expliquer simplement pourquoi les expérimentateurs précédents avaient trouvé toujours des valeurs de $\tan g\alpha$ beaucoup trop grandes : les arêtes des écrans employés n'étaient pas assez aiguës. Malgré ce qui a été dit, on peut obtenir de bien meilleures arêtes.

Nos mesures montrent de plus que l'expérience vérifie, au moins qualitativement, la théorie de Raman et Krishnan, quant à la polarisation par diffraction : résultat d'autant plus intéressant que cette théorie est la seule, à notre connaissance, où interviennent les constantes optiques du métal constituant l'écran.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur des rayonnements supplémentaires dans le recul du dépôt actif du* Th. Note [1] de Mlle **C. Chamié**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai signalé [2] l'existence d'une anomalie dans les courbes de décroissance du ThC″ recueilli par recul α à partir du ThC.

Dans ces expériences, la plaque en or qui portait le dépôt actif du Th était mise au sol, tandis que le récepteur était porté au potentiel négatif et se trouvait à 2^{cm} au-dessus de la source. Avant chaque exposition, on purifiait l'air au-dessus de la source par un champ intense afin d'éliminer les poussières et les atomes de recul qui diffusent dans l'air, pour ne recueillir que le recul débité pendant la durée de l'activation. En obtenant les courbes de décroissance du ThC″ avec des appareils de mesures variés pour des expositions de 10 secondes, on trouve que les droites logarithmiques, régulières après deux périodes, présentent parfois un supplément d'activité au début, comme si l'activité anomale évoluait en plusieurs étapes (courbe 1). L'anomalie disparaît quand la quantité de ThC″ recueillie augmente avec la durée de l'exposition, et elle s'accentue quand la durée de l'activation diminue.

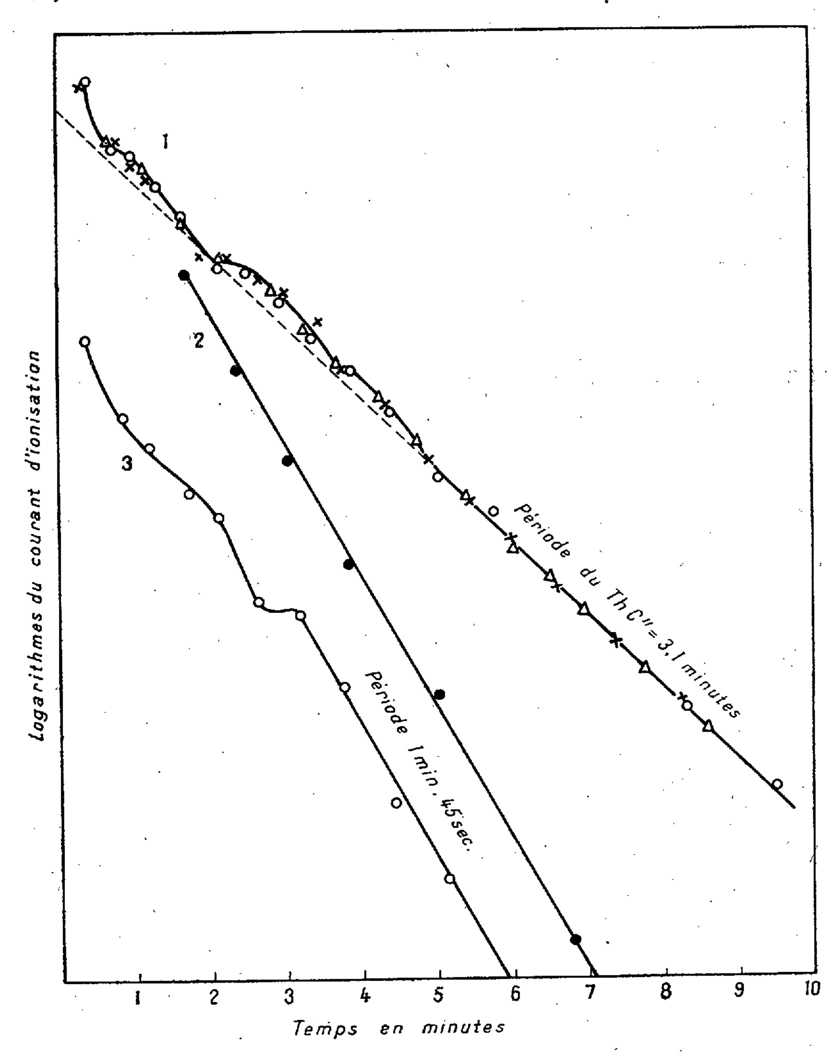
Cependant le phénomène n'est pas strictement reproductible et l'on n'arrive pas toujours à le mettre en évidence.

En diminuant le temps d'activation jusqu'à des fractions de seconde, j'ai

(1) Séance du 29 octobre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1037.

obtenu parfois des courbes de pentes plus rapides que celles du ThC″ qui correspondent à une période de 1 minute 45 secondes environ, et dont le début est parfois affecté de paliers (courbes 2 et 3).



On pouvait penser que le métal du récepteur bombardé par les rayons α de la source était responsable du phénomène, conformément aux travaux de Irène Curie et F. Jolliot (¹). Mais les expériences ont montré qu'avec

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 254 et 559; *Journ. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 153.

des récepteurs en laiton le phénomène ne se produisait pas s'ils n'étaient pas portés au potentiel négatif, donc c'est dans le recul extrait par le champ qu'il faut chercher la cause. On prévoit, *a priori*, que l'étude est difficile; en effet, pour que le rayonnement supplémentaire, très faible, ne soit pas voilé par celui du ThC″, il faut se mettre dans des conditions défavorables pour recueillir le ThC″, ce qui ne facilite pas non plus l'extraction des atomes de recul quelconques expulsés par la source. Certaines expériences semblent indiquer que ces rayonnements supplémentaires ne se manifestent qu'à certaines époques de la vie de la famille radioactive.

Les courbes que j'ai obtenues peuvent être interprétées par l'existence de membres inconnus dans le dépôt actif du thorium, qui sont peut-être en relation avec la structure fine du rayonnement α. On peut également envisager la possibilité d'une transmutation provoquée dans la source par son propre rayonnement, mais aucune conclusion définitive ne peut encore être faite actuellement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre Raman, constitution et évolution des solutions de chlorure stannique.* Note de M. **Jules Guéron**, présentée par M. G. Urbain.

La constitution des solutions de chlorure stannique est mal connue.

Parmi les recherches relatives à ce sujet, citons simplement les plus récentes, dues à L. Smith (1) et à M. Prytz (2). Smith mesure le pH de solutions de Cl^4Sn; détermine leur concentration en ions Cl, leur point de congélation, l'influence de l'acide chlorhydrique et de divers chlorures sur la rétrogradation de l'hydrolyse et sur la solubilité des chlorostannates. Il conclut : 1° qu'il existe un ion complexe *positif* dont l'étain est l'atome central; 2° que, même dans des solutions normales en acide chlorhydrique, « les concentrations des molécules Cl^4Sn et des ions $SnCl^6$ sont très faibles, et 3° du même ordre de grandeur ». Prytz, mesurant le potentiel d'une électrode d'étain dans des solutions de chlorure stannique de concentrations diverses, en présence d'excès variables d'acide chlorhydrique ou de chlorures, conclut à l'inexistence de complexes chlorés contenant plus d'*un* atome d'étain. Ces complexes pourraient être des cations tels que $SnCl^{+++}$; $SnCl^{2++}$, $SnCl^{3+}$, ou des anions comme $SnCl^{5-}$ ou $SnCl^{6--}$.

---

(1) *Z. anorg. Chem.*, **176**, 1928, p. 155.
(2) *Z. anorg. Chem.*, **219**, 1934, p. 89.

A. J'ai montré, par des mesures de pH (1), que des solutions de chlorure stannique (normales et plus diluées) sont complètement ou très fortement hydrolysées, après des durées d'évolution variant, à température ordinaire, de quelques minutes à quelques mois, suivant la concentration. Des déterminations analogues montrent qu'*il en est de même, dans des conditions comparables de température et de durée, pour les solutions d'acide chlorostannique*. Cela confirme la deuxième conclusion de Smith.

B. Le spectre Raman d'une solution *fraîche* ($2n = 0{,}5m$) de chlorure stannique a été sommairement décrit (2). Il ne comporte aucune des raies du chlorure stannique. Les trois raies qu'il présente, déterminées, par l'étude microphotométrique du cliché, avec plus de précision que dans la publication précédente, coïncident bien avec celles de l'ion $SnCl^6$. Le spectre Raman d'une solution saturée, à température ordinaire, de $Cl^4Sn.5H^2O$ montre avec intensité ces mêmes raies. C'est à peine si l'analyse microphotométrique du spectre révèle, à l'emplacement des raies du chlorure stannique, de légers accidents. Ainsi, dans des solutions concentrées de chlorure stannique, solutions limpides, et, à température ordinaire tout au moins, presque indéfiniment stables, il existe beaucoup moins de molécules Cl^4Sn, s'il y en a, que d'ions $SnCl^{6--}$ (3). Ces derniers peuvent provenir : 1° de l'hydrolyse, suivie de l'addition du ClH qu'elle libère à des molécules Cl^4Sn; 2° d'une polymérisation du chlorure stannique en chlorostannate stannique $(SnCl^6)^2Sn$, réaction analogue à la formation des chlorostannates alcalins : $Cl^4Sn + 2ClK = SnCl^6K^2$. L'hydrolyse partielle est certaine, mais une transformation du second type ne doit pas être éliminée *a priori*.

Les résultats précédents n'excluent pas la possibilité d'existence des ions complexes autres que $SnCl^6$, supposés par Smith et Prytz; mais ils montrent l'importance toute particulière du groupe $SnCl^6$.

C. La pauvreté en molécules Cl^4Sn ne peut que s'accentuer par dilution. Les ions $SnCl^6$ résistent mieux, puisque, comme on vient de le voir, leur spectre Raman est encore net dans une solution *fraîche* $0{,}5\,m$ de chlorure stannique. A température ordinaire, l'évolution d'une telle solution, bien que très lente, se manifeste par l'apparition, puis le renforcement graduel de l'effet Tyndall. Parallèlement, dans le spectre Raman, un fond continu

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 473; *Bull. Soc. chim.*, 1, 1934, p. 561.

(2) J. GUÉRON, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 136.

(3) L'effet Raman ne renseigne en rien sur les ions *simples* Sn^{++++} et Cl^- éventuellement présents dans la solution.

apparaît et augmente d'intensité, fond sur lequel les raies du groupement $SnCl^6$ disparaissent progressivement [1].

D. On est donc autorisé à penser que, dans des solutions plus diluées encore, comme celles dont l'évolution peut aisément s'étudier par voie chimique et électrochimique [2], il existe aussi des ions $SnCl^6$ [3]. Il s'en trouvera en particulier, au même titre que des ions Cl, dans la couche double des produits d'hydrolyse colloïdaux. Or, les ions $SnCl^6$ sont susceptibles de se dissocier en ions Sn^{++++} et Cl^-, comme le prouvent les phénomènes d'électrolyse. Une telle dissociation libérerait, dans la couche double, des ions Sn^{++++}, qui, par suite de leur charge considérable, sont fortement stabilisants. Ces ions seraient, à leur tour, transformés, par action de l'eau, en $SnO^2.xH^2O$. Le colloïde présent dans les solutions de chlorure stannique devrait donc subir, au cours du temps, une stabilisation, puis une sensibilisation vis-à-vis des électrolytes coagulants : ce fait a été mis en évidence par Meunier, Sisley et Génin [4]. J'ai décrit avec plus de détail ce processus [5]. Les courbes de coagulation présentent, pendant la phase de stabilisation, une période d'induction (ou, à la limite, ont une forme en S) qui n'existe pas à l'origine et disparaît par la suite. Or, Karekar et Patel [6], étudiant les courbes de coagulation des sols d'oxyde de thorium, ont montré que la forme en S disparaît par dialyse prolongée — qui élimine les ions Th^{++++} — et réapparaît par addition de $(NO^3)^4Th$. Ces expériences apportent, par analogie, une confirmation au mécanisme proposé ci-dessus. Il est appuyé encore par le fait que l'évolution du colloïde formé par hydrolyse dans les solutions de chlorostannate de potassium est en tous points semblable à celle du colloïde des solutions de chlorure stannique.

En résumé, les expériences relatées ici montrent l'existence, dans les solutions de chlorure stannique, où les molécules Cl^4Sn sont à peine discernables, de quantités importantes d'ions $SnCl^{6--}$. La considération

(1) Étant donné les longues poses exigées par des solutions aussi diluées — au point de vue de l'effet Raman — on ne saurait affirmer qu'il n'apparaît pas de faibles raies nouvelles, caractérisant des produits intermédiaires ou finaux de l'hydrolyse.

(2) *Loc. cit.*, note (1), p. 946.

(3) Surtout lorsque ces solutions sont préparées — comme c'est le cas, par dilution brusque d'une solution très concentrée.

(4) *Chim. et Ind.*, 27, 1932, p. 1017.

(5) *Bull. Soc. chim.*, 1, 1934, p. 573.

(6) *Trans. Faraday Soc.*, 30, 1934, p. 497.

d'un des processus possibles de dissociation de ces derniers rend compte d'une particularité curieuse de l'évolution des produits colloïdaux de l'hydrolyse du chlorure stannique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système : iodure de bismuth, iodure de potassium et eau.* Note [1] de Mlle **Marie-Louise Delwaulle.**

L'existence d'iodures doubles de bismuth et de potassium a été maintes fois signalée. Arppe [2] d'abord, en a obtenu deux : le premier, BiI^3, $2KI$, $2H^2O$, par évaporation de solutions aqueuses des deux constituants; le second BiI^3, $4KI$, par chauffage de BiI^3, $4KI$, HI, composé cristallisant; dans les solutions iodhydriques des deux iodures. Nicklès [3], en 1860, préparait le sel BiI^3, KI, H^2O, par action de bismuth et d'iode sur une solution saturée de chlorure de potassium.

Astre [4], en 1890, infirmait le résultat obtenu par Nicklès. Après cristallisation, dans l'éther acétique, des sels doubles préparés de différentes façons, il décrivait : BiI^3, KI; $(BiI^3)^2$, $3KI$, $2H^2O$; $(BiI^3)^2$, $6KI$.

La diversité des moyens d'obtention de ces composés, si nombreux, légitimait une reprise de la question.

J'ai déterminé, par la méthode des solubilités à température constante, les combinaisons des iodures de bismuth et de potassium, qui cristallisent en solution aqueuse. J'ai opéré à trois tenpératures : 15°, 35°, 55°. La composition de la phase solide a été établie par la méthode des restes de Schreinemackers. Les résultats obtenus sont traduits par les diagrammes ci-contre. Quelle que soit la température envisagée, les isothermes de solubilité présentent quatre branches.

La branche (I) correspond au dépôt d'iodure de bismuth. Elle montre que la solubilité de ce corps, dans les solutions d'iodure de potassium, est sensiblement indépendante de la température. Cette branche s'allonge quand la température croît.

La branche (II) correspond au dépôt d'un sel double BiI^3, KI, H^2O, comme le montre la figure 2.

---

(1) Séance du 29 octobre 1934.

(2) *Pogg. Ann.*, **64**, 1845, p. 237.

(3) *Journal de Pharmarcie et de Chimie*, 3e série, **37**, 1861, p. 321.

(4) *Comptes rendus*, **110**, 1890, p. 525.

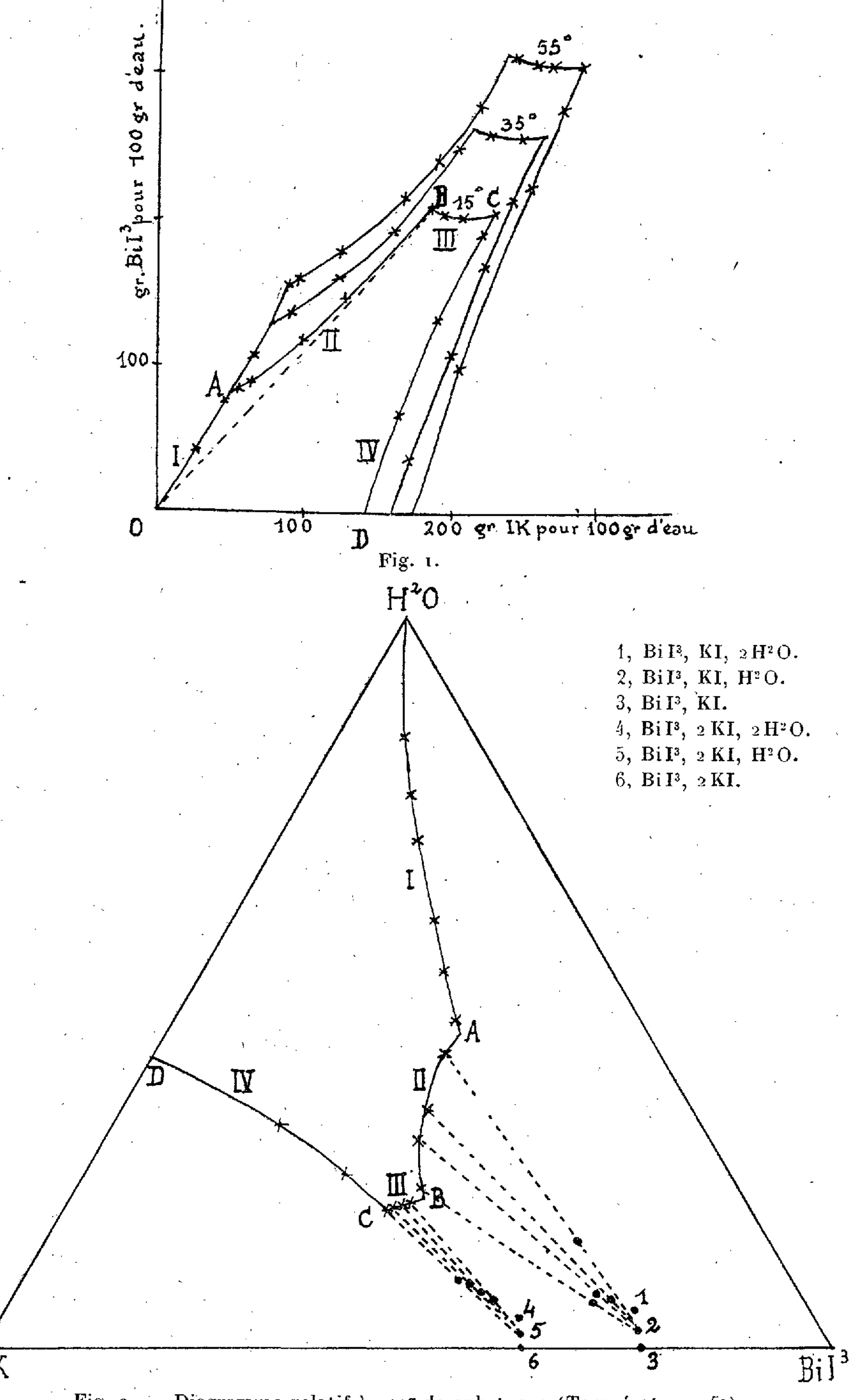


Fig. 1.

Fig. 2. — Diagramme relatif à 100g de substance (Température 15°).

Le long de la branche (III) se dépose un autre sel double, auquel la figure 2 fait attribuer la formule BiI^3, $2KI$, H^2O.

La branche (IV) correspond au dépôt d'iodure de potassium.

Entre les températures 15° et 55°, on obtient donc, à partir des solutions aqueuses des iodures, deux sels doubles et deux seulement :

$$BiI^3,\ KI,\ H^2O \quad \text{et} \quad BiI^3,\ 2KI,\ H^2O.$$

Le premier est le sel double décrit par Nicklès. Le second est, à une molécule d'eau près, celui qu'a signalé Arppe.

La surface du quadrilatère curviligne OBCD, étant beaucoup plus grande que celle du triangle curviligne OAB, l'évaporation de solutions quelconques des deux iodures mène le plus souvent à BiI^3, $2KI$, H^2O, pur ou mélangé à de l'iodure de potassium. Arppe, opérant par évaporation, n'a effectivement trouvé que celui-là.

Au contraire, la branche (II) étant bien plus longue que la branche (III), on s'explique que Nicklès n'ait obtenu que BiI^3, KI, H^2O.

Nous avons pu, par évaporation lente de solutions convenablement choisies, obtenir d'assez gros cristaux des deux sels doubles.

BiI^3, KI, H^2O cristallise en prismes monocliniques rouge vif.

BiI^3, $2KI$, H^2O cristallise en prismes plats quadratiques, pyramidés, d'un rouge très foncé.

Ces sels se déshydratent complètement dans le vide sulfurique.

Je me propose d'étudier, par le même procédé, les iodures doubles du bismuth et des autres métaux alcalins.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système acide sulfurique-sulfate d'ammonium-eau.* Note (1) de MM. **Pierre Locuty** et **Paul Laffitte**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons rapporté (2) les résultats de nos mesures sur le système $SO^4H^2 - SO^4(NH^4)^2 - H^2O$ aux températures de 30°, 50° et 70° C. Dans la présente Note nous résumons les résultats obtenus à 10° et 90°, et de l'ensemble du diagramme nous déduisons quelques conséquences relatives aux sels acides de sulfate d'ammonium et à la préparation du sulfate neutre.

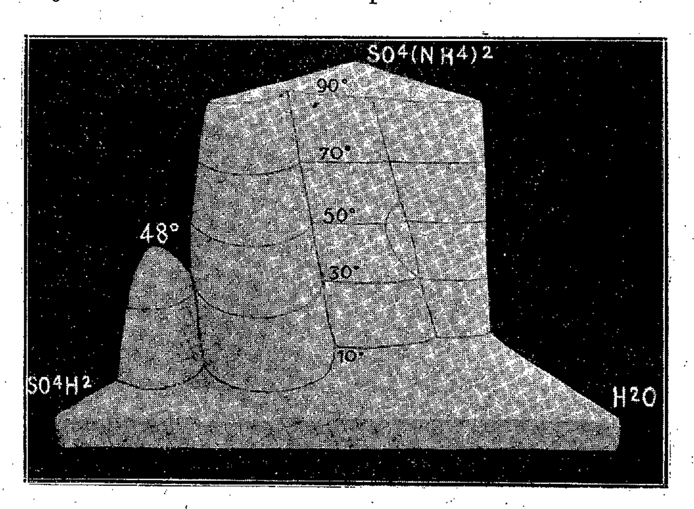
---

(1) Séance du 29 octobre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1311.

Comme pour les isothermes précédentes les déterminations étaient faites par la méthode des *restes*. Cependant dans quelques cas où la viscosité du mélange ne permettait pas un prélèvement facile du reste, on a utilisé la méthode des *ensembles*. On a également employé, comme moyen de contrôle, l'analyse thermique, ainsi que l'analyse directe de la phase solide.

Isotherme de 10°. — Le long de cette isotherme se déposent les sels suivants : $SO^4(NH^4)^2$, $[3SO^4(NH^4)^2, SO^4H^2]$, $[SO^4(NH^4)^2, SO^4H^2]$, $[SO^4(NH^4)^2, 3SO^4H^2]$. Par suite d'un faux équilibre ce dernier sel ne se dépose pas toujours et l'on obtient à la place le bisulfate. Mais en amorçant



avec un germe du sel $[SO^4(NH^4)^2, 3SO^4H^2]$ on a toujours transformation du sel instable en sel stable.

Isotherme de 90°. — Les mêmes sels se retrouvent, sauf le plus acide. De plus il y a une petite zone de cristaux mixtes entre le sel neutre et $[3SO^4(NH^4)^2, SO^4H^2]$.

Les principales différences avec les résultats obtenus à 30°, 50° et 70° sont les suivantes : 1° on ne retrouve plus le sel $[4SO^4(NH^4)^2, SO^4H^2]$ qui se dépose seulement dans une zone peu étendue au voisinage de 50°; 2° à 10° il ne se forme plus de cristaux mixtes qui ne se déposent que dans un faible intervalle de concentrations à 90°, alors qu'entre ces deux températures leur domaine de stabilité est bien plus étendu.

La figure ci-dessus est la reproduction d'une photographie de l'ensemble du diagramme réalisé en plâtre dans l'espace. La portion de droite de la surface est relative au dépôt du sulfate neutre. On voit qu'elle va en s'élargissant lorsque la température s'élève. Il en résulte donc que pour obtenir

un sel neutre, lors de la récupération de l'ammoniac dans les cokeries, on a avantage à augmenter la température, comme le tableau suivant le précise. La colonne inférieure donne les concentrations maxima en acide sulfurique que doit avoir la solution pour que le corps de dépôt soit $SO^4(NH^4)^2$:

Températures °C	10.	30.	50.	70.	90.
Concentrations maxima en SO^4H^2 pour 100	11,0	13,1	15,2	17,5	19,5

Sur la figure la surface de gauche, en forme de pain de sucre, est relative au dépôt du sel acide [$SO^4(NH^4)^2$, $3SO^4H^2$]; la surface qui lui est adjacente représente le dépôt de bisulfate et la suivante le dépôt du sel [$3SO^4(NH^4)^2$]. Enfin la petite surface à cheval sur l'isotherme de 50° se rapporte au sel [$4SO^4(NH^4)^2$, SO^4H^2].

L'examen, sur le diagramme trilinéaire, du domaine de stabilité du bisulfate nous a montré que, contrairement à ce qui est admis, ce sel ne se dissout pas dans l'eau pure sans altération au-dessous de 30°. Nous avons vérifié ce fait par des expériences directes.

D'autre part l'examen du diagramme montre que l'on peut préparer le sel [$3SO^4(NH^4)^2$, SO^4H^2] en partant d'une solution sulfurique du sel neutre de concentration convenable à la température de 0°. De plus ce sel acide mis en solution dans l'eau à la température ordinaire est décomposé en sel neutre et acide sulfurique, ce qui permet de l'utiliser commodément pour établir ou vérifier une liqueur de soude exacte. Étant donné son poids moléculaire élevé il peut même servir à la préparation directe d'une liqueur acide exacte, sauf le cas où la présence du sulfate d'ammonium serait un inconvénient.

Nous donnerons dans un autre périodique les tableaux numériques relatifs à toutes nos mesures.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et propriétés des aurothiosulfates d'ammonium, de calcium et de quinine.* Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'aurothiosulfate de sodium est un corps qui se transforme difficilement par double décomposition avec les sels métalliques; toutefois la présence d'un métal lourd, dans sa molécule, même à l'état de complexe, lui communique la propriété de précipiter la plupart des alcaloïdes et permet ainsi de préparer les dérivés de ces bases par la méthode de double décomposition.

Avec le chlorhydrate neutre de quinine en solution aqueuse, on peut

isoler de l'aurothiosulfate de quinine amorphe. Ce sel peut ensuite être obtenu cristallisé par refroidissement d'une solution préparée en le dissolvant à chaud dans les eaux mères de la précipitation.

L'action de l'ammoniaque en excès sur ce sel permet d'éliminer la quinine et d'obtenir une solution d'aurothiosulfate d'ammonium, que l'on peut isoler par évaporation dans le vide sec.

Enfin l'aurothiosulfate de calcium amorphe peut être préparé par action directe de l'hyposulfite de calcium sur le chlorure d'or neutralisé par du carbonate de calcium et additionné d'un excès de chaux éteinte. Le sel pur est isolé de son mélange avec le chlorure de calcium en éliminant ce dernier corps par des traitements à l'alcool absolu.

Ces trois sels sont solubles dans l'eau mais ne le sont pas dans les dissolvants organiques, sauf le dérivé d'ammonium très légèrement soluble dans l'alcool méthylique. Le sel de quinine est peu soluble dans l'eau et s'y dissocie faiblement; les deux autres corps possèdent une très grande solubilité.

Au point de vue des propriétés chimiques, on constate que le radical hyposulfureux n'est pas nettement dissimulé; il ne l'est pas vis-à-vis de l'iode, mais la dissimulation apparaît avec l'acide chlorhydrique dilué et froid qui ne réagit pas. Par contre, les autres acides, même dilués, réagissent avec ces sels, et aussi avec celui de sodium; mais cette transformation est différente de celle qui s'observe avec les hyposulfites.

La plupart des réactions s'effectuent avec élimination de l'or sous forme de sulfure. Si le radical hyposulfureux est en même temps détruit, par exemple avec les réactifs acides (acides minéraux, acide oxalique, chlorure stanneux, acide sulfhydrique), il se forme un sulfure riche en soufre, voisin de Au^2S^3; si l'on opère en milieu aussi neutre que possible l'or se sépare encore en sulfure mais cette fois le métal est à l'état monovalent (Au^2S) (sulfure acide de sodium, sulfate ferreux, formol, eau oxygénée).

Quelques réactifs fournissent de l'or métallique (iode, lessive de soude, hydroquinone, pyrogallol, tanin, permanganate de potassium) parfois souillé d'un peu de sulfure.

Toutes les réactions, sauf celles de l'iode, s'effectuent avec formation à froid de sulfate, non seulement avec les corps oxydants comme l'acide nitrique, l'eau oxygénée, le permanganate de potassium, mais avec des réactifs tels que l'acide chlorhydrique, le formol (avec le sel d'ammonium), la soude, l'acide sulfhydrique. L'iode seul fournit du tétrathionate de sodium sans libération de sulfate.

Au point de vue constitution, il semble bien que l'or soit directement fixé sur 1 atome de soufre. On ne pourrait, du reste, expliquer autrement comment différents réactifs neutres réducteurs, tels que le sulfate ferreux, le formol, ou oxydant, tel que l'eau oxygénée, séparent l'or sous forme de sulfure et nullement à l'état métallique comme avec les sels auriques normaux. La séparation d'or métallique avec l'iode, la soude et le permanganate de potassium s'explique encore avec cette hypothèse, car ces réactifs sont assez puissants pour séparer la totalité du soufre respectivement en tétrathionate, en hyposulfite et en sulfate.

En outre, nous avons constaté que le sulfure acide de sodium et le sulfate ferreux précipitent l'or en sulfure aureux, ce qui indique la monovalence du métal lourd.

On aurait donc la constitution suivante :

$$\begin{matrix} O \\ O \end{matrix} \!\!\gg\! S \!\!<\!\! \begin{matrix} ONa \\ SAu \end{matrix} . S^2O^3Na^2$$

avec la forme thiosulfurique de la molécule dans le complexe aurothiosulfurique; la substitution de l'or monovalent au sodium amènerait la fixation du métal lourd par l'intermédiaire d'un atome de soufre. La forme aurothiosulfurique présente encore l'avantage de rendre compte facilement, lors de l'élimination de l'or à froid, de la formation de sulfate sous l'action de l'acide chlorhydrique, du formol et de l'acide sulfhydrique.

Les radicaux hyposulfureux ne sont nullement dissimulés à l'iode, mais comme ils le sont légèrement vis-à-vis des acides qui conduisent à une production partielle de sulfate, on peut envisager l'existence de ces radicaux dans le complexe dont la formule peut être

$$S^2O^3AuH \quad \text{ou} \quad [(S^2O^3)^2Au]H^3.$$

La première représentation conduit à la formation de sels doubles $S^2O^3AuNa.S^2O^3Na^2$ et la deuxième correspond à un complexe représenté d'après la théorie de Werner avec un atome d'or possédant une coordinence vraisemblablement égale à 4. Aucune réaction ne permettant de réfuter cette dernière formule ni de faire une différence entre les deux radicaux S^2O^3, nous l'adopterons comme on le fait actuellement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'aptitude réactionnelle de l'amidure de sodium.* Note de MM. A. Perret et R. Perrot, présentée par M. G. Urbain.

Les sollicitations chimiques dont cet amidure peut être l'objet laissent assez rarement subsister la liaison du sodium à l'azote. Dans une précédente étude ([1]) nous avions montré que l'action du cyanogène constitue précisément un exemple de réaction de cette classe. L'action primaire fournit de la cyanamide et du cyanure d'ammonium suivant le schéma

$$2\,NaNH^2 + (CN)^2 \rightarrow Na^2CN^2 + NH^4\overset{\nearrow}{CN}$$

D'ailleurs on observe ultérieurement une cyanuration progressive due principalement à l'action du cyanure d'ammonium sur l'amidure non transformé.

Il était naturel d'attendre également la formation de dicyanimide de sodium comme résultat d'une double substitution. Pour déceler ce composé à différentes phases de l'action du cyanogène, les échantillons d'amidure exposés ont été soumis à l'action de solutions de nitrate mercurique insolubilisant les anions cyanamide et dicyanimide. Les précipités obtenus ont toujours été formés de cyanamide mercurique pure.

L'absence de dicyanimide s'interprète d'ailleurs par l'examen de l'action de l'amidure sur la dicyanimide sodée pure. Par chauffage sous vide du mélange formé de 3mo $NaNH^2$ et 1^{mol} $NaN(CN)^2$, on observe à partir de 150-160° C. un dégagement d'ammoniac se poursuivant parallèlement à l'élévation de la température jusqu'à la transformation complète en cyanamide ([2]). Le schéma de la réaction est le suivant :

$$3\,NaNH^2 + NaN(CN)^2 \rightarrow 2\,Na^2CN^2 + 2\,\overset{\nearrow}{NH^3}.$$

Le seul composé saisissable dans l'action primaire du cyanogène sur l'amidure est donc bien la cyanamide.

A la recherche d'une réaction de substitution symétrique des atomes d'hydrogène de la fonction amide, nous avons étudié l'action du phosgène.

A froid, la réaction ne progresse que par recours au broyage continu dans un moulin à boulets. Entre 10 et 15° après 30 heures, on observe une disparition totale de l'ami-

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51-52, 1932, p. 622.

(2) La tricyanomélamine sodée, polymère de la dicyanimide a présenté dans ces conditions une aptitude réactionnelle identique.

dure de sodium soumis à l'action d'une solution toluénique de $COCl^2$ à la concentration de 2 mol/litre. L'analyse a montré qu'un tiers de l'azote du produit de réaction est dosable à l'uréomètre. Il correspond à du chlorure d'ammonium, de l'urée et du biuret. Par contre, le reste de l'azote total est présent sous forme de cyanate de sodium. Le schéma de la réaction principale est de la forme

$$COCl^2 + 3NaNH^2 \rightarrow NaNCO + 2NaCl + 2NH^3\nearrow.$$

Il est aisé de reconnaître ici le rôle essentiel joué par le sodium comme support de l'acide cyanique résultant de la substitution simultanée des deux atomes d'hydrogène de la fonction amide.

Par contre, vers 250° C., la vapeur de phosgène agissant sur l'amidure fondu le transforme presque exclusivement en cyanamide suivant le schéma

$$COCl^2 + 5NaNH^2 \rightarrow Na^2CN^2 + 2NaCl + NaOH + 3NH^3\nearrow.$$

Le produit de réaction titre de 13 à 14 pour 100 de NH^2CN et est exempt de cyanate et de cyanure.

Vers 500°C., il y a, par contre, une réaction très vive accompagnée de flammes. Les produits formés consistent principalement en sels de l'acide mélanurique et leurs dérivés chlorés.

Ces résultats nous ont engagé à examiner l'action du chlorure de sulfuryle sur l'amidure de sodium à la température ordinaire en utilisant un broyeur à boulets [1].

La progression de la réaction est notablement plus lente qu'avec le phosgène et de plus est accompagnée déjà de la décomposition catalytique d'une partie du chlorure de sulfuryle.

L'absence de sulfamide est facilement montrée par l'insolubilité de tous les composants dans l'acétate d'éthyle. Par contre, la précipitation fractionnée au moyen du nitrate d'argent permet d'isoler la trisulfimide d'argent. L'action chlorante exercée par le chlorure de sulfuryle ne permet l'obtention de cette trisulfimide qu'avec un rendement d'environ 20 pour 100.

Par action du protochlorure de soufre en solution dans le toluène, on constate à froid dans le broyeur à boulets [2], la formation graduelle d'un composé donnant au solvant une coloration rouge foncé. Au bout de 60 heures, l'amidure a disparu et l'évaporation du toluène permet d'isoler, à côté du soufre, des cristaux de sulfure d'azote N^4S^4.

---

(1) Ces essais ont été faits avec la collaboration de M. L. Denivelle.

(2) Le chlorure de thionyle a donné lieu dans ces conditions à une réaction présentant les mêmes caractéristiques.

A 120°, par contre, en absence d'air, on observe une disparition rapide du chlorure de soufre. L'analyse assigne à cette réaction le schéma

$$3S^2Cl^2 + 12NaNH^2 \rightarrow 3Na^2S^2 + 8NH^3 + 6NaCl + 2N^2 \nearrow.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Le diphényl-1.1'-dicarbéthoxy-3.3'-rubène. Son oxyde dissociable.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Maurice Loury**, présentée par M. Delépine.

Ayant obtenu antérieurement un diacide de la série du tétraphénylrubène, le diphényl-1.1' *bis* (*p*-carboxyphényl)-3.3'-rubène, I, nous nous sommes proposé d'en préparer un autre dans lequel les carboxyles, au lieu d'être situés comme dans le premier sur deux des phényles substituants, adhéreraient directement au groupement chromophore, en 3 et 3', à la place de ces deux phényles eux-mêmes : le composé envisagé se trouvait être ainsi un dérivé de la série du diphénylrubène, le diphényl-1.1'-dicarbéthoxy-3.3'-rubène, II.

Ce travail est le développement logique du plan établi en vue de trouver la cause de l'oxydabilité réversible des rubènes par clivage progressif de leur molécule, jusqu'au minimum essentiel, tout en étudiant l'influence propre de divers atomes ou groupements.

$C^6H^4—CO^2H$ $C^6H^4—CO^2H$; C^6H^5 C^6H^5

(I).

$CO^2C^2H^5$ $CO^2C^2H^5$; C^6H^5 C^6H^5

(II).

$$\begin{matrix}Ar\\Ar\end{matrix}\!\!>COH—C\equiv C—Ar$$

(III).

$$\begin{matrix}Ar\\(CO^2C^2H^5)\end{matrix}\!\!>COH—C\equiv C—Ar$$

(IV).

Le premier diacide avait été obtenu directement parce qu'on créait les carboxyles sur un rubène préformé. Ici, au contraire, on a dû former le rubène à partir d'une matière première contenant déjà les carboxyles, ce qui a obligé à bloquer ces derniers à l'état d'ester pour les empêcher de

brouiller les réactions. C'est donc le diester éthylique que l'on a obtenu tout d'abord et c'est lui qui fait l'objet de la présente Note.

La préparation a été conduite en principe suivant le mode général de formation des rubènes, à partir d'un carbinol acétylénique, dans lequel un des deux aryles hatituels, III, était remplacé par un reste carbéthoxyle, IV (Loury).

La formation de tout rubène nouveau ayant exigé chaque fois une mise au point nouvelle, il était à prévoir qu'un pareil changement dans la nature de la matière première devait perturber notablement le mode opératoire. En fait, pour voir apparaître les premières traces du rubène cherché, il a fallu remanier la technique de fond en comble. Malgré cela, les rendements sont toujours restés faibles, ne dépassant guère 10 pour 100, comptés par rapport au carbinol acétylénique. En dehors des résines, divers autres corps, formés simultanément, ont été isolés et sont en cours d'étude.

Le diphényldicarbéthoxyrubène est un corps orangé, de point de fusion instantanée = 270°, qui se présente souvent, par évaporation des solutions, en agglomérats d'hexagones jaune d'or, imbriqués en écailles.

Ainsi qu'il fallait s'y attendre, le remplacement, dans le tétraphénylrubène, de deux phényles par deux carbéthoxyles apporte de profonds changements dans les propriétés, tout en maintenant certains des caractères communs à la famille des rubènes.

C'est, d'ailleurs, ce qui a déjà été récemment constaté, mais naturellement à un degré moindre, quand un seul carbéthoxyle a été mis à la place d'un des quatre phényles (triphényl-1.1'.3' carbéthoxy-3 rubène) (Badoche).

Le spectre d'absorption, V, a bien les trois bandes caractéristiques des rubènes tétraphénylés, mais il est décalé vers l'ultraviolet de 200 Å environ. Les solutions, qui sont jaunes, ont une légère fluorescence verdâtre, au lieu de la couleur rose avec forte fluorescence jaune.

Toutefois, les modifications les plus importantes sont celles qui affectent les relations avec l'oxygène moléculaire.

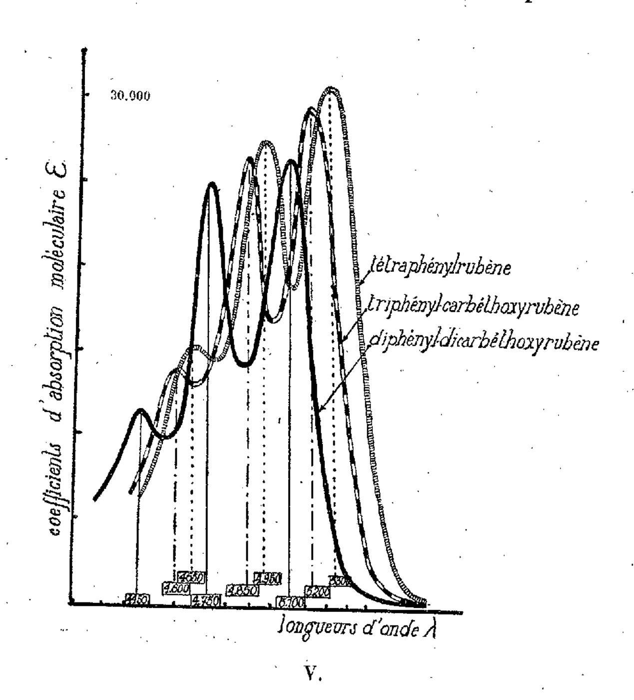
Rien ne paraît changé dans la photooxydabilité et l'on obtient facilement un oxyde incolore, cristallisé et fondant instantanément vers 250°.

La dissociation thermique de ce corps a lieu vers 190°. Elle se singularise par la faiblesse du rendement en oxygène libre et aussi par le dégagement parfois considérable d'anhydrique carbonique. Alors que les tétraarylrubènes restituent parfois jusqu'à 80 pour 100 de l'oxygène absorbé, le rubène dicarbéthoxylé n'en a rendu que de 10 à 20 pour 100.

Cette différence révèle l'une des causes qui régissent la réversibilité de

l'absorption de l'oxygène par les rubènes et qui est l'influence des groupements situés en 1, 1', 3 et 3'.

Le reste carbéthoxylé, alors qu'il équivaut aux aryles pour l'admission de l'oxygène dans la molécule, leur est très inférieur pour la réémission de



V.

cet élément. Il en résulte que les groupements situés en 1, 1', 3 et 3' semblent participer à l'acte de la dissociation thermique des oxydes rubéniques. C'est la raison, sans doute, pour laquelle il se forme beaucoup d'anhydride carbonique, les fonctions carbalcoxylées n'ayant pas, aux environs de 200°, une résistance suffisante à l'action de l'oxygène que tend à expulser la molécule.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés fluorés du butyltoluène et du butyl-méta-xylène. Nouveaux dérivés fluoro-nitrés à odeur de musc.* Note de MM. **Georges Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Delépine.

Le dérivé nitré à forte odeur, connu dans l'industrie de la parfumerie sous le nom de musc Baur, est le dérivé trinitré du butyl-tertiaire-méta-

xylène de formule I :

CH^3, NO^2, NO^2, C^4H^9, CH^3, NO^2 (I). — CH^3, C^4H^9, F (II). — CH^3, C^4H^9, CH^3, F (III). — CH^3, F, C^4H^9, CH^3 (IV).

mais il a été démontré que la forte odeur de cette molécule n'était pas sensiblement modifiée en remplaçant soit un des méthyles par un halogène : Cl, Br, I, soit un des groupes NO^2 par un de ces mêmes halogènes ou un des groupes électronégatifs CN, CO — CH^3, COH, N^3 (1).

Il nous a paru intéressant de rechercher si le fluor, élément éminemment électronégatif, pouvait également être substitué à ces groupes sans faire disparaître l'odeur spécifique, et nous avons été ainsi amenés à préparer le dérivé fluoré du butyltoluène (formule II) ainsi que deux dérivés fluorés du butyl-méta-xylène (formules III et IV) afin d'en faire ensuite les dérivés nitrés.

Le butyl-fluor-toluène (formule II) et le butyl-fluor-xylène (formule III) ont été obtenus sans difficulté par la réaction de Friedel et Craft, c'est-à-dire par l'action du chlorure de butyl-tertiaire en présence de $AlCl^3$, soit sur le méta-fluor-toluène, soit sur le 1.3.4-fluor-xylène. Quant à ces dérivés fluorés déjà connus, nous les avons préparé à l'aide de l'excellente méthode de G. Balz et G. Schiemann, de préparation des dérivés fluorés aromatiques (2) qui consiste à décomposer par la chaleur les fluoborates de diazonium, corps peu solubles, faciles à obtenir en diazotant une amine aromatique en solution chlorhydrique concentrée, puis en ajoutant une solution à 40 pour 100 d'acide fluoborique :

CH^3, NH^2 → CH^3, F → CH^3, C^4H^9, F (II). → CH^3, NO^2, NO^2, C^4H^9, F, NO^2 (VI).

CH^3, CH^3, NH^2 → CH^3, CH^3, F → CH^3, C^4H^9, CH^3, F (III). → CH^3, NO^2, NO^2, C^4H^9, CH^3, F (VII).

---

(1) Brevets allemands **84336, 86447, 87130, 90291, 94019** et **99256**.

(2) *Ber. der Deutsch. Chem. Gesell.*, **60**, 1927, p. 1186.

Le butyl-fluor-xylène, de formule (IV), a été obtenu par une autre voie en partant du butyl-méta-xylène de Baur dont nous avons d'abord préparé le dérivé mononitré, de formule (V), déjà décrit par Baur, qui a été réduit en amine, puis transformé en dérivé fluoré correspondant par la méthode de Balz et Schiemann :

CH^3, NO^2, C^4H^9, CH^3 (V). → CH^3, NH^2, C^4H^9, CH^3 → CH^3, C^4H^9, CH^3 (IV). → CH^3, NO^2, F, C^4H^9, CH^3, NO^2 (VIII).

Cette méthode de préparation des dérivés fluorés aromatiques donne généralement de bons rendements.

C'est ainsi que le méta-fluortoluène et le butyl-fluor-méta-xylène de formule (IV), s'obtiennent avec des rendements respectifs de 87 et 70 pour 100. Il n'en est pas de même pour la méta-xylidine qui ne donne qu'un rendement de 31 pour 100 en 1.3.4-fluor-méta-xylène.

Nous avons, à cette occasion, modifié la technique de Balz et Schiemann en opérant la diazotation en solution fluoborique, de la manière suivante :

On prépare d'abord une solution d'acide fluoborique en dissolvant 47^g d'acide borique H^3BO^3 dans 300^g d'acide fluorhydrique à 40 pour 100. On ajoute ensuite 91^g (3/4 mol) de méta-xylidine et la solution limpide obtenue est diazotée à -5° en ajoutant goutte à goutte et avec bonne agitation mécanique, une solution de nitrite de soude à 33 pour 100. Le fluoborate de diazo décante d'abord, puis se prend en masse. Après essorage et lavage à l'alcool et l'éther, on le décompose par chauffage vers 108° à la pression ordinaire. On obtient ainsi 62^g de fluor-méta-xylène, soit un rendement de 66 pour 100.

Le fluor-butyl-toluène de formule (II) distille à 96-98° sous 25^{mm}; le fluor-butyl-méta-xylène de formule (III) distille à 97-98° sous 21^{mm}, celui de formule (IV) distille à 100° sous 22^{mm}. Ce sont des corps liquides incolores qui ne cristallisent pas et qui présentent une forte odeur de carotte comparable à celle du butyl-méta-xylène de Baur. On constate, en outre, que, suivant une règle assez générale, l'introduction du fluor n'élève pas sensiblement les points d'ébullition du carbure correspondant.

La nitration de ces carbures fluorés est des plus faciles, et s'effectue avec le mélange sulfonitrique, suivant la technique habituelle.

Le butyl-fluor-toluène donne un dérivé trinitré de formule (VI), fondant à 95°, et dont l'odeur forte et tenace est tout à fait comparable à celle du musc xylène de Baur.

Les deux butyl-fluor-xylène ne donnent, par contre, que des dérivés dinitrés de formules (VII et VIII), fondant respectivement à 57°,5 et à 89°. Ils sont également fortement odorants, et, suivant une observation de M. Tchitchibabine, c'est le dérivé symétrique (VIII) qui présente l'odeur la plus agréable.

La substitution du fluor aux groupes CH^3 ou NO^2 abaissant considérablement les points d'ébullition et augmentant les tensions de vapeur, pouvait faire supposer que ces corps seraient plus odorants que les muscs nitrés de Baur; en réalité, le gain est assez faible, et non en rapport avec la difficulté de préparation.

Un Mémoire plus détaillé sur ces préparations paraîtra ailleurs.

GÉOLOGIE. — *Le Trias dans la partie Nord-Ouest du Synclinal de Sam Neua (Tonkin et Laos).* Note (¹) de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les observations de la présente Note viennent compléter celles de G. Zeil et L. Dussault.

Le Synclinal de Sam Neua est une dépression triasique qui se suit du Sud-Est vers le Nord-Ouest, depuis le littoral du Nord-Annam, au Sud de Thanh Hoa, jusqu'à la plaine de Dien Bien Phu, où elle se termine dans le Synclinal du Haut-Laos (²).

Dans sa partie nord-ouest, qui ne contient que du Trias supérieur, le Carnien est transgressif, alors que le Norien y est régressif et qu'il est transgressif sur le continent.

Substratum. — Une discontinuité stratigraphique importante sépare le Carnien des formations plus anciennes, fortement érodées et présentant souvent une altération ferrugineuse profonde. Au surplus, le substratum varie d'un point à l'autre : dans la région de Dien Bien Phu, c'est sur le granite carbonifère que le Trias vient s'appuyer; plus au Sud, il repose sur le vieux cristallin; plus au Sud encore (environs de Sop Cop, vallée du Nam Het et région de Sam Neua), le substratum est constitué soit par des rhyolites, des dacites ou des porphyrites, soit par des arkoses, soit encore par du vieux cristallin. Toutes ces formations ne montrent des traces

(¹) Séance du 8 octobre 1934.

(²) J. Fromaget, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1236.

d'écrasement ou de laminage contemporain des mouvements néotriasiques que lorsqu'elles se trouvent au contact ou près du contact des schistes carniens; dès qu'elles en sont éloignées, même faiblement, elles restent dynamiquement intactes.

Carnien. — Les sédiments les plus bas attribuables au Trias sont des arkoses grossières, dont le contact direct avec le Carnien fossilifère n'a été observé qu'à l'Est de Dien Bien Phu. Celui-ci est représenté d'une façon très générale par des schistes, parfois gréseux, noirs ou bruns, laminés, verticaux, mais légèrement poussés au Nord-Est, qui ont donné une faune marine homogène à l'Est de Dien Bien Phu, aux environs de Sop Cop (1) et près de Ban O : *Tropites* cf. *Phænix*, *Discotropites Loutreli*, *Halobia* cf. *superba*, *H. Amœna*, *H.* cf. *comata*, *Monotis aviculæformis*, *Posidonomya fasciata*, *P. lineolata*. Toutes ces formes indiquent peut-être le Carnien moyen, mais à coup sûr le Carnien supérieur : *Tropites Phænix*, que j'ai recueilli aussi dans le Synclinal du Haut-Laos, au Nord de Luang Prabang, est, en effet, une espèce de la Zone à *Tropites subbullatus* des Alpes.

Norien. — Une discordance angulaire très nette sépare le Carnien du Norien. Ce dernier est représenté par deux séries de terrains subhorizontaux, transgressifs, qui, localement, reposent en concordance l'une sur l'autre et qui, de toute évidence aussi, passent latéralement de l'une à l'autre. Ce sont, en effet, au Sud-Est de Dien Bien Phu et dans la région de Sop Cop, des alternances régulières, en lits minces, de schistes micacés bruns et de marnes noires se délitant en miches qui, à certains niveaux et sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, contiennent des fossiles. Je citerai ainsi, de Ban Na Sang et de l'Houei Ha : *Avicula* cf. *Sturi*, *A. Hallensis*, *A.* cf. *cortinensis*, *Gervilleia præcursor*, *G.* cf. *immaturata*, *G. scythica*, *Anodontophora convexa*, *A. Griesbachi*, *Leda fibularis*, *Baleoneilo fibularis*, *P.* aff. *P. faba*, *Cardium Nequam*, *Burmesia lirata*, *Thracia prisca*, *Isocyprina manca*, *Protocardia contusa* et *Mysidioptera* aff. *M. tenella*.

Au Sud du Nam Het, ces formations, s'étant enrichies en carbonate de chaux, contiennent de minces intercalations calcaires et supportent un peu de terrain rouge gréseux ou bien les Calcaires à Térébratules; ces couches, basculées sur quelques kilomètres de distance le long d'une cassure NO-SE, m'ont donné près de Khoa Pien : *Protocardia* aff. *subrhætica*, *Gervilleia* cf. *shaniorum* et *G. præcursor*.

(1) L. Dussault, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 10, II, 1921, p. 69.

Plus au Sud-Est encore, à Ban O, cette série inférieure, réduite à quelques mètres d'épaisseur, n'est plus représentée que par des calcaires noirs marneux et par des grès marneux jaunes à *Anodontophora convexa* (¹), alors que, par contre, les calcaires qui viennent au-dessus atteignent par endroits plus de 500ᵐ de puissance et contiennent une faune de mer un peu plus profonde (¹) : *Terebratula præpunctata*, type et variété (= *Holcothyris laosensis* Mansuy et *Zeilleria intermedia* Mansuy), *T. hungarica* var. (= *Zeilleria pentagona* Mansuy) et *Aulacothyris Dussaulti*.

Dans l'ensemble, tout se passe comme si la série marno-gréseuse à Lamellibranches représentait un faciès littoral transgressif et les calcaires à Térébratules, un faciès axial un peu plus profond d'un même dépôt marin. Hypothèse que confirment les caractères faunistiques. En effet parmi les 19 espèces recueillies dans la série gréseuse, 8 sont des formes des Napeng beds, 3 appartiennent au Norien inférieur de l'Insulinde ou de l'Himalaya; une autre est autochtone et les 7 dernières sont du Carnien des Alpes. Quant aux Térébratules des calcaires, ce sont des coquilles identiques ou affines à des espèces du Norien supérieur des Alpes.

Conclusions structurales. — Je me bornerai à faire remarquer que les observations qui précèdent mettent bien en évidence : 1° l'existence d'un paroxysme orogénique post-carnien; 2° l'absence d'écrasement et de mouvements importants au Norien, période qui correspond cependant, dans le synclinal voisin de la Rivière Noire, à la mise en place des nappes calcaires.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Analyse harmonique de la variation diurne des courants telluriques Nord-Sud enregistrés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur.* Note de M. **P. Rougerie**, présentée par M. Ch. Maurain.

Dans le but de préciser davantage la variation diurne des courants telluriques enregistrés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, nous avons appliqué aux mesures effectuées la méthode d'analyse harmonique signalée par M. Labrouste. A cet effet, nous avons utilisé les valeurs horaires obtenues depuis le début du mois de mai 1893 jusqu'à la fin du mois de décembre de la même année.

(¹) L. Dussault, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 9, fasc. II, 1920, p. 25.

(²) *Ibid.*, p. 22.

Les sinusoïdes représentatives de l'onde diurne montrent que son amplitude est assez variable d'un jour à l'autre. Cette variabilité paraît être plus irrégulière durant les derniers mois de l'année. Nous avions déjà constaté un fait analogue sur les courbes représentatives de la variation diurne de l'ensemble du courant. L'onde diurne présente de brusques changements de phase à partir du mois de septembre. Ces décalages prennent parfois beaucoup d'ampleur et provoquent pendant plusieurs journées successives une inversion de l'évolution de cette onde. L'amplitude de celle-ci étant déterminée par l'élongation maximum de jour, nous avons constitué pour les différents mois étudiés deux séries C et A de valeurs, d'après les caractéristiques journalières de l'agitation magnétique.

La série C comprend les journées calmes, presque calmes et peu agitées et la série A toutes les autres journées ayant une agitation d'ordre supérieur. Voici en millivolts par kilomètre les moyennes mensuelles ainsi calculées :

	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
C..........	0,66	0,82	0,77	0,72	0,38	0,26	0,25	0,27
A..........	0,81	1,05	1,00	1,04	0,69	0,34	0,50	0,51

La comparaison de ces deux groupes de valeurs montre que l'amplitude de l'onde diurne est plus grande pour les jours agités que pour les jours relativement calmes. Cependant les différences mensuelles (A — C) ne sont pas proportionnelles aux moyennes mensuelles de l'agitation magnétique. Au cours des mois considérés cette amplitude diurne n'a présenté aucune variation périodique accusée. Par contre, son évolution annuelle est semblable à celle que nous avions antérieurement déduite des développements en séries de Fourier ([1]). Les grandes valeurs anormales de l'amplitude de l'onde diurne correspondent généralement à des perturbations ou à une très grande agitation ayant affecté à la fois les courants telluriques et le champ magnétique terrestre. Toutefois il n'y a pas un parallélisme rigoureux entre l'agitation magnétique et les variations journalières de cette amplitude.

La détermination des élongations horaires de l'onde semi-diurne nous a fourni pour chacun des sept mois analysés les valeurs moyennes ci-dessous exprimées en mv/k :

	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.
C..........	0,90	0,81	0,74	0,68	0,68	0,59	0,83
A..........	0,82	0,83	0,80	0,92	0,70	0,86	0,59

([1]) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1465.

D'après ces nombres, l'amplitude de l'onde semi-diurne paraît être généralement plus forte pour les journées agitées que pour les journées calmes. L'examen des valeurs horaires successives révèle une périodicité de cette amplitude. La durée de la période oscille un peu autour d'un demi-mois. Les phases présentent aussi un rythme assez régulier caractérisé par de brusques changements au voisinage des minima d'amplitude. Nous avions pensé rattacher cette évolution régulière à une action lunaire. L'analyse de la courbe des amplitudes de l'onde semi-diurne nous a permis d'isoler une composante sinusoïdale pure d'amplitude variable dont les maxima ou les minima se reproduisent à des intervalles de temps légèrement inégaux encore voisins de 15 jours. Par suite, cette courbe périodique ne suit pas rigoureusement le rythme des lunaisons. Ces variations périodiques de l'onde semi-diurne ne peuvent donc pas être attribuées avec certitude à une influence provenant de notre satellite.

PALÉOBIOLOGIE. — *Sur les microfossiles d'origine planctonique, conservés à l'état de matière organique dans les silex de la craie.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. M. Caullery.

Les microfossiles des silex crétacés peuvent être répartis en deux groupes : 1° ceux qui, de composition originellement minérale (Foraminifères, spicules de Spongiaires, etc.) se retrouvent dans les silex, épigénisés ou non; 2° ceux qui ont été *conservés à l'état de matière organique*. Si les premiers ont fait déjà l'objet de diverses recherches, dues en particulier à L. Cayeux, les seconds ont été peu étudiés et nos silex de France sont totalement inconnus à ce point de vue. D'ailleurs, depuis l'époque déjà lointaine de leur découverte (Ehrenberg, 1836), peu de chercheurs les ont examinés et deux études récentes [W. Wetzel, 1922 (¹) et O. Wetzel, 1933] méritent seules d'être citées ici. Il m'a paru intéressant d'entreprendre une telle étude sur nos silex, et les premiers résultats que j'apporte ici laissent espérer un champ d'investigation fort étendu.

La majorité de ces microfossiles sont des Protistes, dont une bonne part peut être classée dans des groupes à vie pélagique, largement représentés dans le plancton marin actuel (Dinoflagellés; groupes énigmatiques divers :

(¹) Le travail de W. Wetzel (1922) a été négligé par Max Hirmer dans son *Handbuch der Paläobotanik* (1927), sur la foi duquel j'avais cru devoir, l'an dernier, émettre des doutes concernant les observations d'Ehrenberg.

Ova hispida, *Trochiscia*, *Pterosperma*, etc.). D'autres sont des planctontes passifs, tels les grains de pollen que j'ai signalés récemment.

Mes recherches préliminaires ont été faites sur des galets de silex du bassin parisien, dont l'âge, sans pouvoir être précisé, remonte sans doute

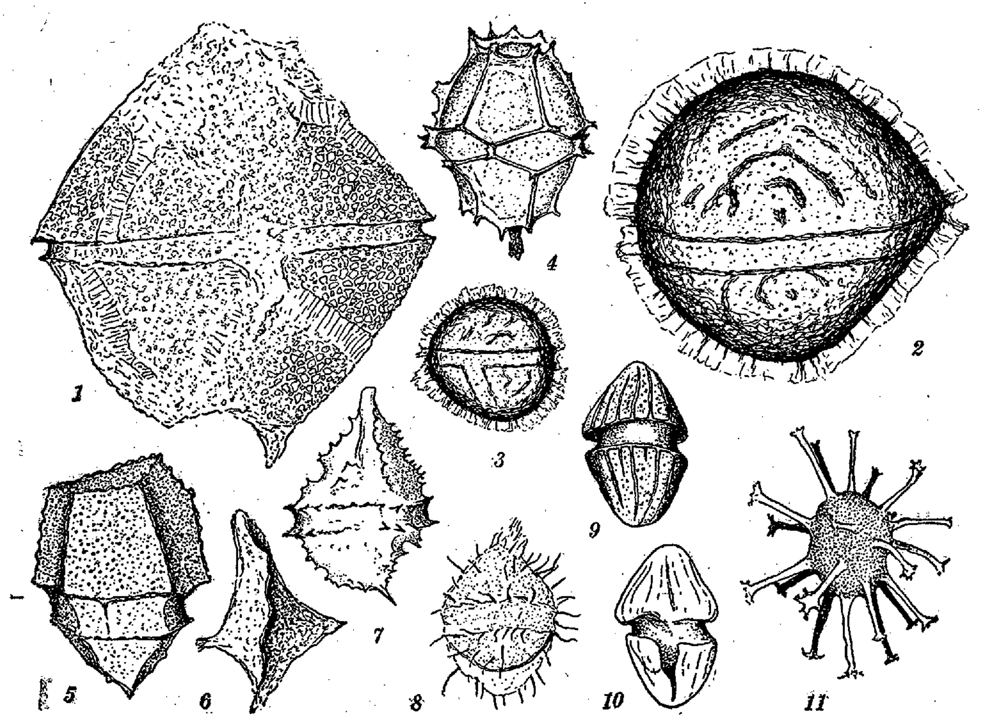


Fig. 1. *Palæoperidinium* cf. *pyrophorum* Ehr. — Fig. 2, 3. *Palæoglenodinium Cretaceum* n. sp. — Fig. 4. *Hystrichosphæra speciosa* n. sp. — Fig. 5. *Palæoperidinium Cayeuxi* n. sp. — Fig. 6. *Palæotetradinium silicorum* n. sp. — Fig. 7. *Palæoperidinium caulleryi* n. sp. — Fig. 8. *Palæohystrichophora infusorioides* n. sp. — Fig. 9, 10. *Gymnodinium cretaceum* n. sp. — Fig. 11. *Hystrichosphæra tubifera* Ehr. (Fig. 1, 2, 4, 6 à 10 : × 666. — Fig. 3, 11 : × 293. — Fig. 5 : × 1430 env.).

tout au plus au Turonien. D'autres recherches suivront sur des silex de position stratigraphique déterminée.

L'état de conservation des organismes varie dans des limites étendues, à la fois suivant les êtres eux-mêmes et suivant les échantillons de silex. Ainsi, parmi les Dinoflagellés, on peut trouver des individus montrant sillons, ornementation cuticulaire (*fig.* 9, 10), sculptures des plaques et sutures striées (*fig.* 1). Les diverses figures 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10 donnent d'ailleurs une idée de leur état de conservation. D'autres organismes, plus rares, portent, insérés à leur apex en général, de longs filaments, qui ne

peuvent être interprétés que *comme des flagelles*, dont ils ont les dimensions et la position. Cela implique donc, au moins dans certains cas, *une conservation remarquable de structures cytoplasmiques particulièrement délicates.* De nombreuses formes ornementées (cf. *Hystrichosphæra* O. We. (*fig.* 4 et 11) ont également une très belle apparence. La conservation morphologique de certains spécimens est comparable à celle que réalisent les meilleures préparations d'organismes actuels, à l'aide des techniques d'inclusion en milieux transparents. Mais on trouve aussi de nombreux stades d'altération gradués, en particulier chez des *Palæoperidinium* (1), dont l'identification reste d'ailleurs facile lorsque le sillon transversal subsiste.

Le cadre de cette Note ne permet guère d'entrer dans des détails sur l'intérêt biologique et paléontologique que promet l'étude de ces microfossiles. Quelques questions peuvent cependant être évoquées. Du plancton des mers crétacées, par exemple, nous ne connaissions encore que des êtres soit siliceux, soit calcaires. La preuve irréfutable de l'existence de types actuels de Dinoflagellés montre l'origine ancienne et la stabilité de certaines formes, au moins depuis le Secondaire. Enfin, la documentation acquise ne sera sans doute pas sans intérêt pour ce qui regarde bien des problèmes tels que la genèse des silex, la périodicité des bancs de silex, etc. Les faits constatés ci-dessus paraissent, en effet, impliquer l'inclusion rapide d'organismes fragiles, dans le silex, au moment de sa formation.

BOTANIQUE. — *Sur l'amidon des Floridées.* Note de M. **H. Colin**, présentée par M. L. Mangin.

Tout a été dit sur l'aspect de l'amidon des Floridées et sa coloration par l'iode, si sujette à variations suivant l'ambiance, mais dont la teinte habituelle, sur le frais et en présence d'une solution d'iode peu concentrée, est le brun rougeâtre.

Pour aller plus loin, il faudrait pouvoir isoler la matière comme on le fait pour l'amidon des plantes supérieures; malheureusement la faible taille des grains dans la plupart des espèces, leur facile hydratation et leur adhérence

(1) Sous le vocable de *Palæoperidinium*, je réunis tous les Dinoflagellés des silex, à physionomie de *Peridinium*, dont la tabulation, quoique présente, ne peut être étudiée en détail, ce qui, par conséquent, ne permet pas de les classer avec sûreté dans l'un des genres actuels, qui ne diffèrent entre eux que par cette tabulation.

au contenu cellulaire rendent impossible une séparation rigoureuse, même lorsqu'on s'adresse aux espèces les moins visqueuses, généralement beaucoup plus riches que les autres en granules amylacés. Les Floridées calcaires se prêtent bien à ces recherches; elles sont bourrées d'amidon et se laissent facilement pulvériser. Les observations qui suivent se rapportent à *Lithothamnion calcareum* dragué en août, dans la baie de Saint-Brieuc, par le bateau du laboratoire maritime de Saint-Servan.

Aspect des grains. — Mme Lemoine [1] les a décrits en place, sur des coupes minces du thalle préalablement décalcifié. Sur l'algue simplement pulvérisée, après dessiccation, ils se distinguent à peine, en lumière naturelle, des fragments de calcaire; sur cette poussière, rapidement traitée par l'acide acétique étendu, on les voit empêtrés pour la plupart dans les débris cellulaires; sur le thalle lentement décalcifié, saturé d'eau par conséquent, ils se présentent en granules très inégaux, tantôt isolés (sphériques, ovoïdes, en croissants, en marmites), tantôt groupés de diverses manières (en chapelets, en sphérolithes, en amas quelconques), plusieurs de ces figures résultant sans doute du gonflement ou de l'éclatement des grains. Ils adhèrent à ce point au thalle qu'on peut plonger un fragment de l'algue dans l'eau bouillante sans que la matière amylacée se répande dans le liquide avant la désagrégation complète de la structure cellulaire.

Réfringence. — L'amidon de *Lithothamnion* est peu biréfringent; les grains qui le sont davantage s'éteignent tout d'un coup; ils ne présentent pas le phénomène de la croix noire si net sur les granules (beaucoup plus gros, il est vrai) d'*Halopithys pinastroïdes*. Gonflés par absorption d'eau, ils perdent toute biréfringence, celle-ci reparaissant quelque peu par dessiccation.

Gonflement par la chaleur et les réactifs. — Il suffit de porter à 40° le thalle décalcifié et humide pour voir les grains se gonfler et s'agglomérer; à 60°, ils s'évanouissent en gouttelettes homogènes bien différentes d'aspect de l'empois d'amidon. Les solutions alcalines, même étendues, produisent le même effet.

Coloration par l'iode. — Les granules se colorent en brun rougeâtre par le réactif iodo-ioduré, de faible teneur en iode. Je n'ai pas vu la teinte bleutée que prennent parfois les grains de *Furcellaria*, de *Polyides* et même d'*Halopithys*, simple question d'ambiance, sans rapport avec la nature de la matière amylacée. L'algue fraîche, séchée et porphyrisée,

---

[1] *La structure des Mélobésiées* (*Ann. Inst. Océan.*, II, 2, 1911, p. 31).

mise en suspension dans l'eau froide, donne une liqueur qui, même après filtration, vire au brun par addition d'iode, comme si elle renfermait des traces de glycogène. Cette propriété tend à disparaître au bout de quelques heures, mais persiste longtemps si l'on porte la liqueur à l'ébullition. J'ai fait la même observation sur plusieurs autres espèces de Floridées.

Hydrolyse. — Mis en suspension dans l'eau chlorhydrique ($pH = 3,5$) et chauffé au bain-marie à l'ébullition, l'amidon de *Lithothamnion* s'hydrolyse lentement. La teinte initiale, en présence d'iode, est le brun rougeâtre, très foncé, qui passe au violet si l'on étend d'eau. Elle reste telle, dans les conditions de l'expérience, durant une heure environ, puis son intensité diminue, elle tire davantage sur le rouge, du moins si la solution iodée est très faible, et finit par s'évanouir; la liqueur est alors réductrice. C'est, à peu de chose près, ce qui se passe avec une solution de glycogène; on n'est pas entraîné à considérer l'amidon floridéen comme une sorte d'érythrodextrine.

L'hydrolyse diastasique a été suivie sur les préparations microscopiques et sur la farine. Un fragment de thalle, décalcifié et humide, immergé dans une solution d'amylase pancréatique, perd en quelques minutes, à 40°, la propriété de se colorer en brun par l'iode; les granules ont disparu, sauf aux points où la coupe est plus épaisse, les contenus cellulaires paraissent homogènes, les parois sont maintenant bien visibles. A la température ordinaire, il faut plusieurs heures pour arriver au même résultat, on assiste alors à la résorption des grains.

Les liqueurs amylacées, obtenues par action de l'eau bouillante sur les granules, cessent assez vite de se colorer par l'iode lorsqu'on les additionne de pancréatine; une fois l'enzyme mis hors de cause par chauffage, la coloration ne réapparaît pas; et cependant, la solution diastasique préalablement portée à l'ébullition ne fait pas obstacle à la coloration.

L'amylase du malt se montre, elle aussi, même en milieu neutre, passablement active, moins cependant que celle du pancréas dans la première phase de la dégradation.

De ces données, il semble qu'on puisse conclure, sous réserve d'analyses rigoureuses du produit pur, que la matière amylacée des Floridées est intermédiaire entre l'amidon proprement dit et le glycogène, plus proche de ce dernier, dirions-nous, n'était l'idée de corps non figuré que nous attachons au terme de glycogène.

BOTANIQUE. — *Sur l'hérédité de la précocité acquise dans le* Lepidium sativum. Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Molliard.

Je désire présenter dans cette Note quelques-uns des faits relevés dans les cultures du *Lepidium sativum* au cours de la Campagne de 1934, pour les utiliser à affirmer la notion d'hérédité de la précocité acquise par cette plante et réfuter une interprétation de mes expériences qui a été faite en 1928 et en 1933. Voici à quoi revient cette interprétation : la précocité constatée serait due à une sélection d'individus naturellement précoces plutôt qu'à l'hérédité d'une précocité acquise. En 1928, on me demandait s'il n'y avait pas eu sélection involontaire (*unintentional selection*); en 1933 on interprétait les faits par une sélection sans la qualifier autrement. Envisageons les deux cas : sélection volontaire ou sélection involontaire. Pour le premier cas, je répondrai qu'à aucun moment je n'ai fait de sélection volontaire; pour le second cas, j'opposerai les faits suivants.

Étant donné la manière dont j'ai opéré dans les différentes cultures, il faudrait admettre que, dans le groupe primitif des graines, il y avait des graines tardives et des graines précoces et que, dans la séparation initiale des deux lots, je sois tombé justement et uniquement sur des graines toutes précoces pour faire les semis sous châssis. Il y aurait eu là, par le seul effet du hasard une coïncidence vraiment trop complète pour la rendre admissible.

D'ailleurs voici d'autres faits à l'appui de cette manière de voir. En 1927 j'ai demandé à des collaborateurs de vouloir bien faire à Alger (A), à Marseille (M) et à Rothamsted (Ro) (Angleterre), les mêmes cultures en plein air que celles que je faisais à Rennes et de m'envoyer leurs observations et leurs mesures sur ces cultures, ainsi que les graines récoltées, pour faire la comparaison des résultats obtenus dans l'échange de ces graines.

J'ai figuré dans le tableau ci-après les courbes de croissance en plein air, de 1929 à 1934, du *Lepidium sativum* ayant toujours vécu à Rennes en plein air (Re, ∞, gros trait), ou en $n^{\text{ième}}$ génération en plein air après la vie sous châssis (n^e G, n allant de 8 à 13, trait ponctué), ou ayant passé quelques générations à Alger avant d'être semé à Rennes (A_2 Re à A_7 Re, trait fin). On voit que les traits continus, le gros et le fin, se superposent en 1929, ce qui veut dire qu'après 2 générations à Alger, les graines semées à Rennes (A_2Re) n'y produisent pas encore des plantes précoces; mais, dans les années suivantes, le trait fin s'écarte vers la gauche du gros trait,

annonçant la précocité et l'écart augmente de 1930 à 1934, indiquant que la précocité s'établit progressivement en devenant de plus en plus marquée

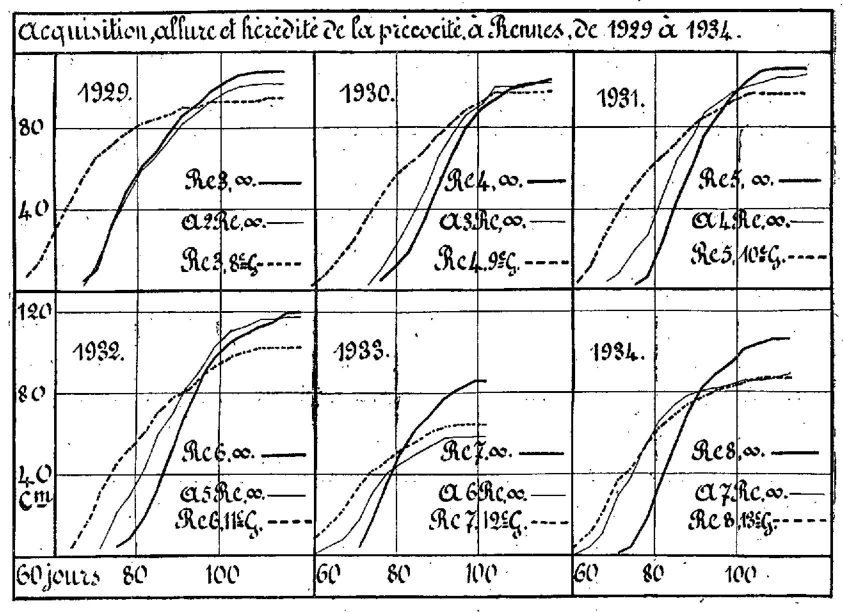


Fig. 1.

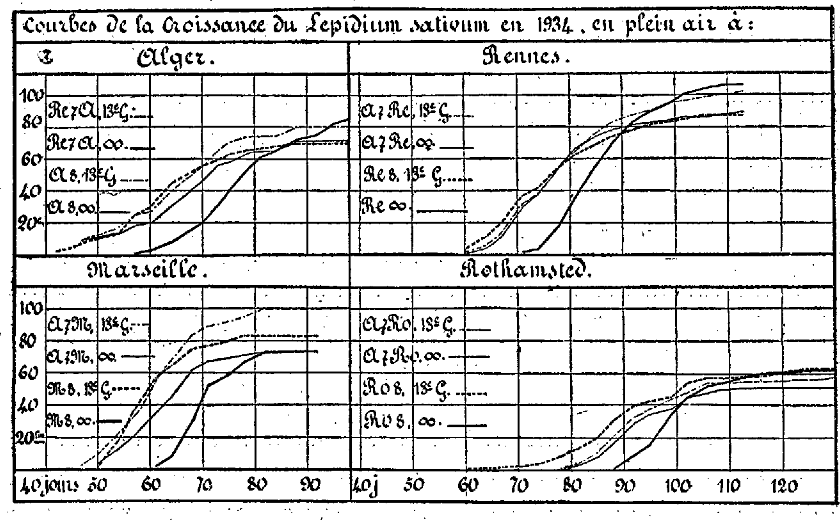


Fig. 2.

au fur et à mesure qu'augmente le nombre des générations ayant vécu à Alger. Voilà pour l'acquisition de la précocité.

Voici maintenant pour l'hérédité de cette acquisition. En 1934, les cultures de Rennes, en plein air, A_3Re_5, A_4Re_4, A_5Re_3 et A_6Re_2 sont encore précoces par rapport aux plantes ayant toujours vécu à Rennes et la précocité s'est conservée au moins jusqu'à la 5ᵉ génération dans A_3Re_5 par exemple.

Je joins un deuxième tableau des courbes de croissance de 1934. Je les ai construites avec les mesures qui m'ont été envoyées : d'Alger par M. Maire, de Marseille par M. Jumelle et de Rothamsted par Miss Brenchley botaniste de la grande station expérimentale anglaise.

Parmi les résultats qu'on peut tirer de ces données, citons :

1° L'hérédité de la précocité acquise sous châssis à Rennes se poursuit jusqu'à la 13ᵉ génération dans toutes les stations;

2° Par la vie en plein air à Alger, la précocité s'acquiert progressivement en se manifestant en plein air à Rennes.

3° L'hérédité de cette précocité acquise à Alger se poursuit au moins jusqu'à la 5ᵉ génération à Rennes.

Il y a bien, là, hérédité d'un caractère acquis. Il reste à savoir quelle peut en être la durée.

TOXICOLOGIE. — *Alcoolisme expérimental. Mécanisme de l'accoutumance à l'alcool.* Note de Mˡˡᵉ **Jeanne Lévy**, présentée par M. Ch. Achard.

On peut expliquer l'accoutumance aux poisons soit comme un processus de défense de l'organisme qui augmenterait considérablement l'oxydation du poison, dans le but de l'éliminer ou de le transformer en une substance moins toxique, soit comme une hyposensibilité cellulaire, les cellules sensibles ne réagissant plus aussi facilement qu'à l'état normal.

Ces hypothèses ont été invoquées par quelques auteurs qui ont tenté de les justifier par une étude expérimentale. Notamment, Pringsheim [1] accoutumant des rats à l'alcool, admet, qu'au cours de l'accoutumance il se produit une combustion accélérée de l'alcool, Hotta [2] tente de démontrer que, chez le chien accoutumé à la morphine des doses hypnotiques de cet alcaloïde sont inactives, bien que la morphine pénètre aussi rapidement et aussi complètement dans l'encéphale des animaux accoutumés.

Pour tenter d'apporter une contribution à l'étude du mécanisme de l'accoutumance,

(¹) *Bioch. Zeits.*, **12**, 1908, p. 143.

(²) *Jap. Journ. Med. Sc.*, **6**, 1932, p. 115.

nous avons effectué toute une série de recherches. Utilisant le rat comme animal d'expérience, nous l'avons accoutumé à l'alcool, en lui faisant absorber, pendant des périodes variant de trois à six mois, des quantités quotidiennes croissantes d'alcool, variant de $0^g,20$ à $1^g,50$. Le degré d'accoutumance des animaux a été vérifié en leur injectant dans la veine de la queue une dose sous-liminaire anesthésique, chez l'animal normal, d'une solution isotonique glucosée d'alcool, soit $2^g,16$ par kilogramme. Cette dose est inactive chez l'animal accoutumé, qui n'est anesthésié qu'après injection de $2^g,72$ d'alcool par kilogramme par la voie intraveineuse.

Deux séries d'expériences ont été réalisées :

1° La première série d'expériences résumées daus le tableau I a consisté à injecter chez des rats normaux et chez des rats accoutumés une dose liminaire anesthésique d'alcool, chez le rat normal ($2^g,16$ par kilogramme) et à tuer ces animaux après des temps variant de 1 minute à 4 heures. Nous avons effectué des dosages d'alcool par la méthode de M. Nicloux [1] dans le sang, l'encéphale, les reins et le foie de ces animaux.

TABLEAU I.

Temps après lequel l'animal est sacrifié.	Nombre d'animaux utilisés dans chaque série d'expériences.	Quantité moyenne (gr.) d'alcool p. 100 fixée par			
		sang.	encéphale.	reins.	foie.
a. — Rats normaux.					
1 minute..........	5	0,366	0,387	0,358	0,290
2 minutes..........	5	0,337	0,348	0,322	0,252
3 »	5	0,341	0,324	0,307	0,281
5 »	6	0,358	0,342	0,304	0,229
10 »	4	0,278	0,252	0,274	0,195
15 »	4	0,248	0,238	0,247	0,196
30 »	4	0,250	0,241	0,234	0,170
120 »	4	0,172	0,180	0,168	0,113
240 »	4	0,092	0,125	0,145	0,077
b. — Rats accoutumés.					
3 minutes..........	6	0,315	0,306	0,305	0,214
5 »	6	0,290	0,284	0,296	0,226
10 »	6	0,253	0,244	0,240	0,206
15 »	5	0,245	0,220	0,230	0,175
30 »	6	0,222	0,223	0,227	0,180
120 »	6	0,152	0,135	0,139	0,107
240 »	6	0,094	0,097	0,093	0,064

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 13, 1931, p. 857.

Il ressort nettement des expériences consignées dans ce tableau que la vitesse de la fixation de l'alcool dans l'encéphale, le rein et le foie est identique chez le rat normal et chez le rat accoutumé et que les quantités d'alcool circulant dans le sang pendant les 4 heures qui suivent l'injection d'alcool sont comparables. La vitesse d'oxydation de l'alcool n'est pas augmentée chez les animaux accoutumés.

2° La deuxième série d'expériences résumées dans le tableau II a consisté à injecter chez des rats normaux et chez des rats accoutumés des doses croissantes d'alcool variant de la dose liminaire anesthésique d'alcool chez le rat normal, à la dose toxique d'alcool et à effectuer des dosages d'alcool dans le sang, l'encéphale, les reins et le foie des animaux, qui ont été tués 5 minutes après l'injection.

Tableau II.

Quantités d'alcool injectées (en gr. par kg).	Nombre d'animaux utilisés dans chaque série d'expériences.	Effet obtenu.	Quantité moyenne d'alcool (en gr. pour 100) fixée par sang.	encéphale.	reins.	foie.
		a. — Rats normaux.				
2..........	8	Pas d'anesthésie	0,293	0,300	0,284	0,194
2,16.......	6	Anesthésie	0,333	0,342	0,304	0,192
2,56.......	5	»	0,333	0,341	0,302	0,227
2,76.......	6	»	0,402	0,384	0,336	0,284
4..........	5	Mort	1,538	1,058	0,114	0,714
		b. — Rats accoutumés.				
2..........	6	Pas d'anesthésie	0,248	0,231	0,222	0,192
2,16.......	6	»	0,290	0,284	0,296	0,226
2,56.......	5	»	0,342	0,335	0,328	0,249
2,72.......	6	Anesthésie	0,372	0,375	0,362	0,385
4..........	5	»	1,604	0,919	0,975	0,772

Ces expériences montrent que les animaux accoutumés à l'alcool ne sont anesthésiés qu'avec une dose d'alcool supérieure à la dose sous-liminaire anesthésique chez l'animal normal. La teneur en alcool de l'encéphale des animaux soumis à l'intoxication chronique d'alcool et anesthésiés avec cette substance est nettement supérieure à la teneur en alcool de l'encéphale des animaux normaux anesthésiés à l'aide de la dose sous-liminaire anesthésique, ce qui semble être dû à une hyposensibilité cellulaire. Enfin, chez les animaux accoutumés, l'alcool à diverses doses pénètre aussi rapidement et aussi facilement dans les divers tissus, notamment dans l'encéphale, que chez les animaux normaux.

Conclusions. — 1° Dans l'alcoolisme expérimental du rat, l'oxydation de l'alcool n'est pas accélérée; 2° l'accoutumance à l'alcool paraît être due à une hyposensibilité des cellules de l'encéphale.

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Contribution à l'étude du mécanisme du vol chez les oiseaux.* Note de M. **Antoine Magnan**, transmise par M. d'Arsonval.

J'ai montré, en 1932 (1), que le fait d'abaisser les ailes pour un être volant créait un effet de vide qui avait pour résultat d'assurer la sustentation de l'animal.

J'ai, tout d'abord, poursuivi des recherches à ce propos chez les insectes, et j'ai constaté que l'abaissée des ailes provoquait chez la plupart d'entre eux (2) une dépression qu'il m'a été possible de mesurer et qui était suffisante pour compenser l'action de la pesanteur. En même temps se produisait un courant d'air dirigé d'avant en arrière, et qui, par réaction, fournissait la propulsion à l'insecte. J'ai aussi mesuré la vitesse de ce courant d'air avec des appareils à fils chauds (3) et déterminé sa direction.

J'ai repris la même étude chez les oiseaux et, pour mettre en évidence la direction des filets d'air mis en mouvement par le coup d'aile, j'ai employé à nouveau la méthode des fumées que j'avais utilisée chez les insectes pour démasquer la forme générale de l'écoulement de l'air autour de ces animaux en vol.

A cet effet j'ai fait resservir l'appareil à fumées de tabac qui comprend un récipient clos dans lequel débouchent deux tubes reliés à des canalisations en caoutchouc. A l'extrémité de l'un, aménagé à cet effet, est placé du tabac allumé qui est introduit dans le récipient; on envoie de l'air un peu comprimé par la canalisation correspondante et c'est par l'autre que la fumée sort sous forme d'une colonne rectiligne.

A l'aide de cet appareil, j'ai étudié le spectre des filets d'air déplacé par le coup d'aile de divers oiseaux. Pour cela, le tube de sortie de la fumée était fixé en divers points, en avant, en arrière, au-dessus et au-dessous de l'animal. J'ai pu suivre ainsi facilement l'écoulement de la fumée et en situer les filets par rapport au corps et au plan des ailes.

On constate de suite chez les oiseaux l'existence d'une forte aspiration entre les ailes et au-dessus du corps.

---

(1) *Premiers essais de cinématographie ultra-rapide. Exposés de Morphologie dynamique et de Mécanique du mouvement*, 3, Paris, 1932, p. 12.

(2) *Le vol des Insectes*. Paris, 1934, p. 140.

(3) A. et Cl. Magnan, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1369.

Une colonne verticale de fumée placée devant la tête est immédiatement courbée vers celle-ci dès que l'animal bat des ailes; dans ces conditions le filet de fumée passe au-dessus du dos, entre les deux ailes, puis est chassé vers l'arrière dans une direction qui peut faire un angle plus ou moins grand avec l'horizontale; la colonne de fumée placée sous les ailes n'est pas renvoyée vers le bas; elle est aussi chassée vers l'arrière dans une direction parallèle à celle des filets passant sur le dos. J'ai pu mesurer la vitesse du courant d'air ainsi formé qui dans le cas des petits oiseaux atteint jusqu'à 10 mètres à la seconde.

Le mécanisme du vol chez les oiseaux apparait donc analogue au mécanisme du vol chez les insectes.

Les oiseaux au début du battement ont les ailes relevées et plus ou moins accolées par leur face supérieure; ils créent en abaissant leurs ailes une aspiration de l'air, de l'avant vers l'arrière, entre les deux ailes qui s'écartent.

Cette aspiration est dûe en réalité à une dépression que j'ai pu mesurer chez un cou-coupé et que j'ai trouvée égale à un tiers de gramme par centimètre carré d'aile.

Cette dépression constatée entre les ailes de l'oiseau a pour effet d'assurer la sustentation de l'animal à cause de la différence des pressions qui existent sur chaque face du plan alaire, ce qui a en même temps pour résultat d'aider à sa relevée. On peut voir la preuve de cette dépression dans le fait qu'à chaque abaissée le corps de l'oiseau gagne de la hauteur.

La dépression assure aussi la propulsion de l'animal en provoquant à l'avant une aspiration d'air qui est projeté vers l'arrière.

Les oiseaux ont aussi comme les insectes la faculté d'incliner la veine d'air chassée vers l'arrière de 0 à 45° sur l'horizontale; ils se créent ainsi aux dépens de la vitesse une sustentation supplémentaire qui leur permet de s'élever facilement.

ZOOLOGIE. — *Autofécondation et fécondation croisée chez* Bullinus contortus *Mich.* Note de M. **Marc de Larambergue**, présentée par M. M. Caullery.

Les Bullins isolés avant la maturité sexuelle se reproduisent par autofécondation [1]. J'ai utilisé cette propriété pour chercher à obtenir des lignées

(1) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 340.

des types : A normal, et B sans pénis, décrits précédemment ([1]). A partir d'un lot de *Bullinus contortus* Mich., originaire du Maroc, comportant environ 25 pour 100 de B, j'ai pu obtenir 6 et 7 générations autofécondées et j'ai tenté des croisements entre représentants des différentes lignées obtenues. Mes études ont porté sur près de 14000 Bullins élevés.

1. Autofécondation. — Des parents A normaux, isolés, donnèrent une première génération composée environ de 90 pour 100 de A et de 10 pour 100 de B. Les jeunes F_1 donnèrent à leur tour, par autofécondation, en F_2, environ 90 pour 100 de A et 10 pour 100 de B, qu'ils fussent eux-mêmes des A ou des B.

Un groupe de parents B, sans pénis (ne pouvant se féconder réciproquement), donna en F_1 : 90 pour 100 de B et 10 pour 100 de A. Parmi les F_1 isolés, un seul B (n° 3) donna en F_2 : 90 pour 100 de B et 10 pour 100 de A. Il est l'origine de ma *lignée* β. La descendance des autres individus isolés, issus du même groupe, comportait des pourcentages variés et je ne poursuivis guère plus avant leur culture.

Lignée β. — La lignée β, dont je viens d'indiquer l'origine, en est à la sixième génération. Les individus isolés, A ou B, de cette lignée donnèrent en moyenne 98 pour 100 de B. Les rares individus A produits ont fait l'objet d'une étude attentive. Ils fournissent une très grande majorité de B et se comportent en cela exactement comme leurs frères B.

Lignées α. — Dans la culture des descendants des parents A, les proportions très nettes de F_1 ne se sont point maintenues. Si les progéniteurs des différentes générations autofécondées produisent toujours une majorité de A quel que soit leur type propre, des B apparaissent encore nombreux et leur proportion relative, malgré des tentatives de sélection, tend à s'accroître à chaque génération, de façon variable suivant les sujets producteurs. Je n'ai donc pas pu obtenir de lignée α, qui soit aussi stable que la lignée β.

Ces élevages montrent qu'on ne saurait, d'après l'aspect phénotypique d'un Bullin sans pedigree, prévoir le type anatomique qui prédominera dans sa descendance autofécondée. Il faut distinguer : des individus produisant une *majorité de* A et des individus produisant une *majorité de* B, ces progéniteurs étant indifféremment eux-mêmes des B ou des A. Ces derniers, seuls capables de féconder un autre individu, ont été utilisés comme mâles

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 174.

dans les croisements. Je les désigne par A_α et A_β suivant la lignée α ou β à laquelle ils appartiennent; de même nous distinguerons des B_α et des B_β.

II. Croisements. — Je n'ai pu obtenir de résultats qu'en réunissant des individus venant d'atteindre leur maturité sexuelle. Il est possible qu'après l'établissement du mode autofécondé, la fécondation croisée ne puisse plus s'accomplir. Je n'exposerai que les résultats de quelques combinaisons utilisant comme femelle un individu de la lignée β. Les pontes ont été recueillies avant fécondation, s'il y avait lieu, et après, isolément ou par petits lots, pendant un mois environ. La descendance autofécondée des individus utilisés comme mâles a été étudiée ainsi que celle de témoins.

1° ♀ $B_\beta \times A_\alpha$: Cette combinaison a été réalisée 7 fois et, bien que l'accouplement ait toujours été observé, dans deux cas le parent ayant joué le rôle passif n'a produit que des B, exactement comme les témoins. Les cinq autres parents B ont donné, dès les premiers lots de pontes succédant à la fécondation, une certaine proportion de A (jusqu'à 50 pour 100 des jeunes issus du lot considéré), qui a progressivement décru par la suite, jusqu'à ce qu'il n'apparaisse plus que des B.

2° ♀ $A_\beta \times A_\alpha$: Deux bullins, pourvus d'un pénis, mais appartenant à la lignée β, ont été fécondés par des individus producteurs de A. Comme dans le cas précédent, ils ont donné pendant un certain temps, après fécondation, des pontes mixtes. La proportion de B est allée en croissant, jusqu'à ce que ce type se rencontre seul. Ceci confirme l'analogie déjà signalée entre tous les individus de la lignée β, quel que soit leur phénotype.

3° ♀ $B_\beta \times A_\beta$: Cette combinaison a été réalisée quatre fois et les progéniteurs n'ont jamais donné que des B, comme on l'aurait attendu après autofécondation pure. Mais ici les parents, appartenant à la même lignée, présentaient un degré de parenté plus ou moins rapproché, ce qui peut influer sur le résultat.

Il faudrait reprendre cette expérience avec du matériel d'origines diverses. Aussi est-il intéressant de poursuivre l'étude statistique de populations naturelles de Bullins. Des races biologiques à tendance A et à tendance B peuvent exister à l'état de mélange (ce qui paraît être le cas du Maroc), ou de pureté. Ainsi, dans les envois du Dr Mathis, de Dakar, je n'ai trouvé que 7 A sur 520 Bullins (proportion de B, 98,6 pour 100).

Le fait que la nature de l'élément fécondant intervient dans la détermination du type anatomique du produit montre que l'anomalie étudiée est

bien de nature congénitale, ce qui explique sa constance et son apparition précoce dans l'embryogénie (¹).

Il apparaît enfin que la fécondation croisée peut jouer un rôle, malgré la faculté d'autofécondation des Basommatophores, ce qu'indique déjà l'étude de l'albinisme chez les Planorbes (Bœttger, 1932), de l'albinisme et de la sinistrorsité chez les Limnées (Boycott, Diver et Garstang, 1930). Chez les Bullins, la présence simultanée des A et des B dans les pontes des individus croisés paraît indiquer que ces deux modes de fécondation ne s'excluent point l'un et l'autre.

OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE. — *Répartition verticale de la faune ichtyologique devant les côtes orientales de l'Indochine française.* Note (²) de M. **P. Chevey**, présentée par M. Ch. Gravier.

Rappelons la disposition des isobathes devant les côtes orientales indochinoises : l'isobathe de 100ᵐ, décrivant un trajet caractéristique, évite complètement le golfe du Tonkin et le golfe de Siam; il est tout proche de terre, au contraire, entre l'île de Poulo-Canton et le cap Padaran, passant à moins de 10 milles au large du cap Varella. Partout à l'est de cet isobathe les fonds descendent, d'abord assez doucement jusqu'à 200ᵐ, puis brusquement jusqu'à 500 et même 1000ᵐ : ainsi les fonds de 1000ᵐ sont à 30 milles de la côte seulement devant Nhatrang.

La disposition des fonds étant telle, les travaux de l'Institut Océanographique de l'Indochine ont établi deux faits :

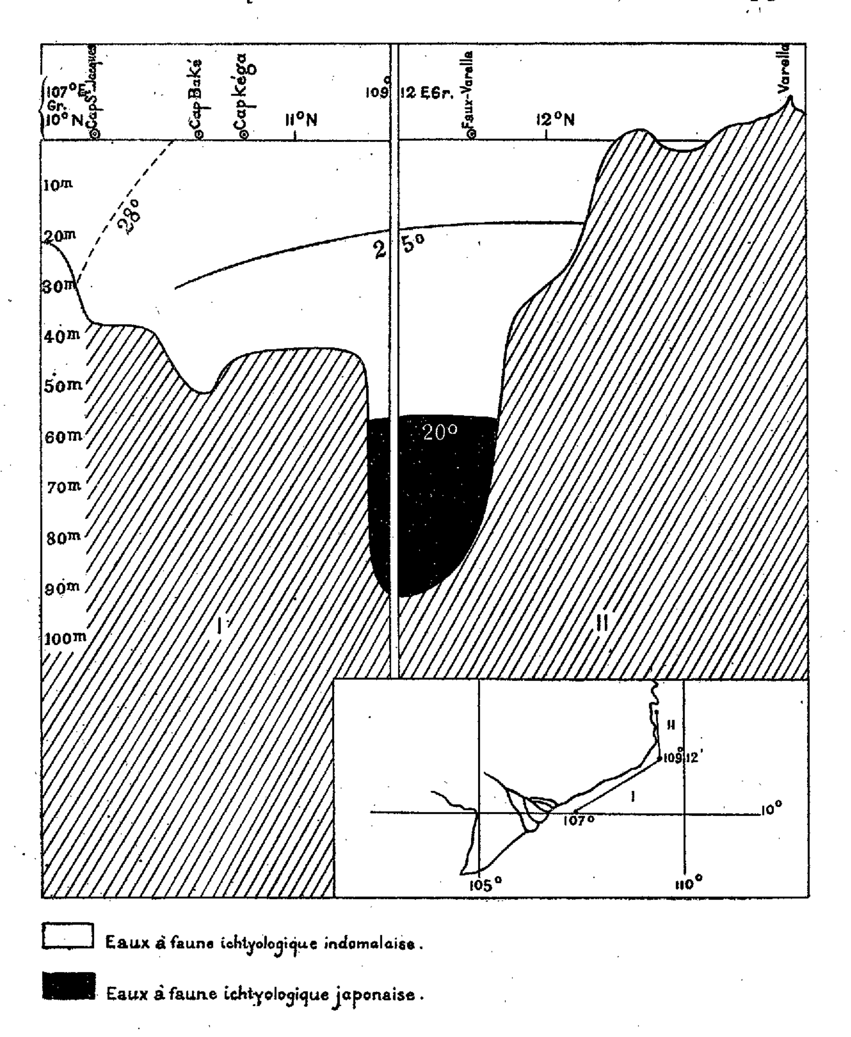
1° Il règne le long des côtes orientales indochinoises un courant de direction générale Nord-Sud, qui est permanent au moins en profondeur, le contre-courant de surface créé par la mousson de Sud-Ouest ne parvenant jamais à inverser complètement le mouvement général Nord-Sud des eaux dans cette région.

2° Le profil du bord du plateau continental, limité à l'Est par une falaise qui surplombe directement les grands fonds, facilite l'ascension des nappes froides de profondeur vers la surface; ces nappes, selon les années et selon la violence relative des moussons d'hiver successives (mousson de

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 190.

(²) Séance du 22 octobre 1934.

N.-E.), envahissent plus ou moins le plateau continental et s'y avancent plus ou moins vers le Sud chaque année. Chaque année aussi, le contre-courant de surface créé par la mousson estivale refoule ces nappes froides



Eaux à faune ichtyologique indomalaise.

Eaux à faune ichtyologique japonaise.

vers le Nord et vers la profondeur et réussit, dans des proportions variables, à en débarrasser le plateau continental du Sud et du Centre-Annam.

Voici maintenant les faits observés qui font l'objet principal de cette Note, et que je rattacherai par la suite à ce qui vient d'être exposé.

Les résultats des pêches au chalut effectuées devant Nhatrang par le

chalutier laboratoire « de Lanessan » ont démontré que la faune ichtyologique, vivant sur les fonds de 30 à 50^{m}, était une faune indo-malaise [1].

Au contraire les coups de chalut donnés sur les fonds de 80 à 140^{m}, à proximité immédiate de la falaise surplombant les grands fonds, ont révélé une faune ichtyologique entièrement différente et dont les affinités sont incontestablement japonaises. A côté de très rares formes indiennes telles que *Malthopsis lutea* Alcock (Pédiculé), de formes cosmopolites telles que *Antigonia capros* Lowe (Capriforme) et *Halieuthea stellata* Wahl (Pédiculé), on trouve les espèces suivantes, toutes japonaises : *Cephaloscyllium umbratile* Jordan et Fowler (*Catulidæ*), *Calliscyllium venustum* Tanaka (*Galeorhinidæ*), *Ateleopus japonicus* Siebold-Schegel (*Ateleopopidæ*), *Zeus japonicus* C. et V. (*Zeidæ*), *Branchiostegus japonicus* Houttuyn (*Latilidæ*); il faut y ajouter un pédiculé connu jusqu'ici des Philippines seulement, *Malthopsis ocellata* Smith et Radcliffe. Dans cette faune bien spéciale et entièrement différente de la faune côtière, il faut distinguer deux groupes : 1° l'un composé de formes classiques des profondeurs, telles que les Pédiculés et les *Ateleopopidæ* ; il est remarquable de constater que cette dernière famille est représentée par une forme japonaise et non par la forme voisine, *Parateleopus microstomus* Smith et Radcliffe, décrite aux Indes néerlandaises ; 2° les autres formes japonaises récoltées en profondeur dans les eaux annamites sont des formes de surface dans leur pays d'origine; elles n'ont pu gagner vers le Sud qu'en plongeant en profondeur avec les couches d'eau dont la température leur convenait.

On voit que les fonds situés aux environs de l'isobathe de 100^{m}, devant les côtes du Sud et du Centre-Annam, sont périodiquement envahis par des lames d'eaux froides voisines de 20° C., et d'origine septentrionale. Il semble que ces eaux froides soient responsables de la présence, sur les fonds situés très bas en latitude, des formes ichtyologiques à affinités nordiques. Le graphique joint, qui représente une coupe hydrologique parallèle aux côtes de Cochinchine et du Sud-Annam à l'intermousson de printemps de 1933, fait clairement comprendre l'explication que je propose. Les faits signalés ici constituent une preuve biologique de la rectitude et de la cohérence des travaux d'océanographie physique poursuivis depuis dix ans dans la mer de Chine par l'Institut Océanographique de l'Indochine.

---

(1) P. CHABANAUD, *Notes Inst. Océanogr. Indoch.*, 1926, 1re liste, n° **1**, p. 1-26; P. CHEVEY, *Ibid.*, 1932, 2e liste, n° **19**, p. 1-31; P. CHABANAUD, *Ibid.*, 1926, n° **4**, p. 1-6.

BIOLOGIE. — *Sur le rôle d'une bactérie cellulolytique de la panse, dans la transformation de la cellulose en glucose, à l'intérieur du tube digestif des Ruminants.* Note [1] de M. **Jacques Pochon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Poursuivant l'étude des propriétés biologiques de la bactérie cellulolytique, *Plectridium cellulolyticum*, que nous avons isolée, en culture pure, de la panse du bœuf [2], nous avons cherché à nous rendre compte de son rôle dans la digestion de la cellulose chez les Ruminants.

Dans un premier temps, nous avons recherché les produits du métabolisme de la fermentation de la cellulose, *in vitro*, par *Plectridium cellulolyticum*, en milieu neutre, c'est-à-dire dans les conditions d'attaque de la cellulose dans le rumen. Le milieu utilisé était semi-synthétique [3].

La destruction de la cellulose est alors complète. (La cellulose utilisée est une cellulose pure : papier filtre Durieux). Il n'y a pas de dégagement gazeux appréciable. L'analyse du liquide de fermentation a montré la formation d'acides gras volatils; leur distillation, par la méthode de Duclaux, indique la présence d'acide formique (73,0 pour 100) et d'acide acétique (27,0 pour 100) dans les fermentations jeunes; en fin de fermentation, il apparaît en outre de petites quantités d'acide propionique (6 pour 100). La quantité totale d'acides gras formés représente 80 pour 100 de la cellulose utilisée. Il se produit également, au cours de la fermentation, de l'alcool éthylique en petites quantités (5,4 pour 100 du poids de cellulose). A aucun moment il ne se forme de corps réducteurs, soit directement, soit par hydrolyse.

Ce bilan est très analogue à celui de la fermentation de la cellulose dans la panse [4].

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à mettre en évidence la formation d'une diastase (cellulase). Nous avons utilisé la méthode de H. Pringsheim. Après l'essai de plusieurs antiseptiques, nous avons employé le toluène ajouté à la fermentation (pratiquée dans les mêmes conditions que précédemment), au moment de son acmé. Dans ces condi-

(1) Séance du 29 octobre 1934.

(2) *Société de Biologie*, **113**, 1933, p. 1323.

(3) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1808.

(4) *Société de Biologie*, **114**, 1934, p. 327.

tions, en cherchant régulièrement l'apparition du pouvoir réducteur, nous avons mis en évidence la formation d'un sucre, qui a été identifié, au moyen de son ozazone, comme étant du glucose. Il se forme également des traces d'un autre sucre, qui est vraisemblablement du cellobiose. Le rendement en poids, exprimé en glucose, est de 10 pour 100 de la cellulose mise en fermentation. Ces faits montrent qu'une cellulase est sécrétée et qu'elle peut agir en milieu alcalin.

Enfin, dans un troisième temps, nous avons tenté de réaliser, *in vitro*, la suite des processus biochimiques et physicochimiques réalisés au cours de la digestion chez les Ruminants, c'est-à-dire le passage du contenu de la panse (milieu alcalin) dans la caillette (milieu acide). En d'autres termes, il s'agissait de voir ce que devenait la fermentation de la cellulase, par *Plectridium cellulolyticum*, amorcée en milieu alcalin, lorsqu'on la continuait en milieu acide.

Nous avons tout d'abord utilisé le phénomène de l'acidification spontanée de la fermentation, en milieu sans carbonate de calcium, par la formation des acides gras. Dans ces conditions, l'expérience a montré qu'une cellulase est mise en liberté et qu'il se forme du glucose en petites quantités. Nous avons ensuite, pour nous rapprocher davantage encore des conditions biologiques de la digestion dans la caillette, ajouté à la fermentation sans carbonate de calcium, alors que celle-ci était bien amorcée, de l'acide chlorhydrique en proportions variables. Une série d'expériences a montré, dans ces conditions, la formation de glucose avec un rendement optimum de 10 pour 100. La diastase est mise en liberté et agit entre pH 5,2 et pH 4,4, avec un optimum à pH 4,8. Des expériences-témoins ont montré qu'il ne s'agissait pas d'un phénomène d'hydrolyse d'origine chimique.

Nous pensons que, de l'ensemble de ces faits et de ceux antérieurement signalés, il est possible de tirer un certain nombre de conclusions :

Une symbiose de germes n'est pas nécessaire pour digérer la cellulose dans la panse.

Plectridium cellulolyticum, par sa présence constante dans le rumen des Bovidés, par l'étroite spécificité du milieu qu'il nécessite pour être cultivé, par l'analogie du type de fermentation qu'il réalise *in vitro* et de celle réalisée *in vivo* dans la panse, est, au moins, une bactérie importante dans le processus de digestion de la cellulose chez les Ruminants.

Nous pensons que les faits observés permettent d'interpréter les phénomènes de la digestion et de la nutrition chez les Ruminants, sans se heurter au difficile problème de leur nutrition à partir des seuls acides gras et en

expliquant le mode de formation du glucose, dont il était logiquement nécessaire d'admettre la présence : la fermentation serait amorcée dans la panse, en milieu alcalin, avec formation d'acides gras volatils; ce premier temps aurait seulement pour rôle de permettre la prolifération des bactéries cellulolytiques. Lors du passage du contenu de la panse dans la caillette, en milieu acide, en présence d'acide chlorhydrique, la cellulase d'origine bactérienne, mise en liberté, transforme la cellulose en glucose. Le fait qu'elle puisse également agir en milieu alcalin explique son action possible pendant toute la traversée de l'intestin.

IMMUNOLOGIE. — *Sur l'immunisation antidiphtérique expérimentale au moyen de bacilles diphtériques vivants.* Note de M. **Gaston Ramon**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une série de recherches poursuivies depuis 1924 et qui ont abouti à des techniques de production des sérums antitoxiques et à des méthodes de vaccination (vaccinations associées) couramment utilisées à l'heure actuelle, nous avons établi que l'immunité antitoxique qui résulte de l'injection d'un antigène tel que l'anatoxine diphtérique (ou tétanique) peut être considérablement accrue grâce à l'addition à cet antigène de substances diverses : tapioca, chlorure de calcium, germes tués, etc. (¹).

Dans de nouveaux essais, nous avons étudié l'influence de quelques-unes de ces substances sur l'effet immunisant de certains antigènes microbiens, par exemple le bacille diphtérique vivant. C'est ainsi qu'après plusieurs tentatives nous nous sommes adressé, dans des expériences dont nous apportons ici un exemple, à la lanoline (²) qui, au cours d'une expérimentation récente, entreprise avec la collaboration de E. Lemétayer et

---

(¹) G. Ramon, *Recueil de Médecine vétérinaire*, 101, 1925, p. 227 et 348; *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 157; *Annales de l'Institut Pasteur*, 40, 1926, p. 1.

(²) Rappelons ici que Le Moignic et Pinoy, dans le but d'atténuer l'action toxique du vaccin antityphoïdique (germes morts), le mettent en suspension dans l'huile (*C. R. Soc. de Biologie*, 29, 1916, p. 201 et 352). Voir aussi Le Moignic et Sézary, *Actualités médicales*, Paris, Baillière, 1918.

R. Richou, s'est montrée particulièrement apte à favoriser la production de l'immunité due aux anatoxines (1).

Nous avons choisi une souche de bacilles diphtériques (souche Mozer) isolée, depuis peu, de la gorge d'un malade et qui est douée d'un pouvoir pathogène relativement élevé pour le cobaye. Avec cette souche, on ensemence largement un tube de sérum coagulé. Après 24 heures de séjour à l'étuve, la surface du tube est raclée et émulsionnée dans 10^{cm^3} d'eau physiologique; on injecte alors sous la peau de trois lapins 1^{cm^3} de cette émulsion; à trois autres lapins, on injecte la même dose de germes incorporée dans la lanoline stérilisée, additionnée d'un peu d'huile aux fins d'une injection plus commode. Les réactions sont peu marquées chez les lapins du premier groupe. Elles sont beaucoup plus accusées chez les lapins qui ont reçu les germes enrobés dans la lanoline; elles consistent en une zone inflammatoire plus ou moins étendue au niveau du point d'injection, avec œdème et empâtement local pouvant évoluer vers l'abcédation. Les animaux restent malgré tout en bon état général. Un mois après cette première inoculation les lapins de chaque groupe, après avoir subi une saignée d'épreuve, sont réinoculés dans les mêmes conditions avec 2^{cm^3} de chacun des deux produits et saignés à nouveau dix jours après la seconde inoculation. Le dosage de l'antitoxine diphtérique pratiqué dans les sérums des deux saignées fournit les résultats suivants :

	Titre (moyenne) après la	
Sérum des lapins inoculés avec :	première inoculation.	seconde inoculation.
1° les germes en eau physiologique.........	0	0
2° les germes dans la lanoline.............	0,25	2 unités

Par comparaison, le sérum d'un lapin qui a reçu 1^{cm^3} d'anatoxine diphtérique sous la peau, titre un mois après 0,05 unité au centicube.

Ainsi, chez les lapins inoculés avec les germes diphtériques en suspension dans l'eau physiologique, l'immunité est nulle, le sérum ne recèle aucune trace appréciable d'antitoxine spécifique. Chez les animaux qui ont reçu la même dose de germes enrobés dans la lanoline, l'immunité atteint au contraire un degré très élevé; grâce à la richesse de leur sang en antitoxine

(1) *C. R. Soc. de Biologie*, 115, 1934, p. 1027.

spécifique, ces animaux sont capables de supporter un mois après la première inoculation de microbes enrobés dans la lanoline une quantité de toxine correspondant à plusieurs centaines de doses mortelles. On apprécie encore mieux la valeur de cette immunité lorsque l'on sait qu'il était jusqu'ici très difficile sinon impossible d'immuniser des petits animaux tels que le lapin au moyen de bacilles diphtériques vivants et pathogènes (1).

Ces expériences pourraient sans doute servir de base à l'établissement d'un procédé efficace de vaccination antidiphtérique utilisable dans la pratique, mais il existe déjà une méthode de prévention de la diphtérie qui après onze années d'application a fait ses preuves d'innocuité et d'efficacité. Cependant si du fait de l'existence de la méthode de vaccination antidiphtérique par l'anatoxine, nos expériences n'ont, pour l'instant et dans ce domaine, qu'une importance pratique relative, elles n'en gardent pas moins tout leur intérêt théorique du point de vue de l'étude de l'immunité et de son mécanisme. Elles soulignent, en particulier, le rôle très important (2), dans la genèse de l'immunité antitoxique et dans sa production accrue, des phénomènes inflammatoires macroscopiques ou microscopiques qui se déroulent au point d'injection de l'antigène microbien et de son adjuvant. Tout le mécanisme de l'augmentation de l'immunité fonctionne ici localement. Le bacille diphtérique, en effet, demeure sur place, il ne se généralise pas. La lanoline par sa présence *in situ* entraîne une multiplication plus active des germes diphtériques (3) producteurs de la toxine qui, elle, est la génératrice de l'antitoxine; elle favorise les réactions histologiques et physiologiques locales, qui sont à la base de l'immunité. Seul un petit territoire de l'organisme est intéressé à la fois par l'action du bacille diphtérique et de ses produits et par la réaction des tissus voisins, et cette zone très limitée d'action microbienne et de réaction cellulaire est, grâce à la présence de la

(1) Deux chevaux neufs dont le sérum recèle respectivement 1/40e (Schick positif) et 1/5 d'unité antitoxique au centicube (antitoxine naturelle) reçoivent chacun le contenu d'un tube d'une culture de 24 heures sur sérum coagulé de la souche diphtérique Mozer, enrobé dans la lanoline. Sept jours après cette unique injection, le sérum de ces animaux atteint le titre très élevé de 10 unités pour l'un, 50 unités pour l'autre. De telles constatations pourront entraîner des modifications dans les techniques actuelles de préparation du sérum antidiphtérique.

(2) Rôle que nous signalions dès 1925 à propos de l'action du tapioca (*loc. cit.*).

(3) Nous avons montré que le tapioca ajouté à une émulsion de bacilles diphtériques favorise la multiplication de ceux-ci et accroît ainsi l'action pathogène de l'émulsion.

lanoline, suffisante pour permettre à l'immunité d'apparaître et de se développer rapidement et avec intensité [1].

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Mécanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *P. Vieille :*

En première ligne	M. **Ernest Vessiot**.
En seconde ligne	M. **Albert Caquot**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*	MM. **Eugène Bertrand de Fontviolant**, **Prosper Charbonnier**, **Auguste Lafay**, **Alfred Liénard**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.

---

(1) Ajoutons que ce même procédé qui permet d'obtenir un rendement si considérablement accru de l'immunisation antidiphtérique expérimentale au moyen de germes vivants, est également applicable à d'autres immunisations, en particulier à la vaccination anticharbonneuse comme nous avons pu nous en rendre compte dans des essais encore inédits effectués en collaboration avec notre collègue M. Staub.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 NOVEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Au lendemain de notre dernière séance, nous apprenions la mort de l'Amiral **Fournier** qui, depuis la disparition du Général Sebert, était notre doyen d'âge. Il était né à Toulouse le 23 mai 1842, était entré à l'École navale en 1859, et appartenait donc à notre Marine nationale depuis trois quarts de siècle.

Votre Bureau, accompagné d'une nombreuse délégation, a assisté samedi à ses obsèques. Dans la grande cour des Invalides, avant le défilé des troupes, le Général Bourgeois, au nom de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes, et M. Pietri, ministre de la Marine, au nom du Gouvernement, ont rendu hommage au savant et au marin, et retracé sa magnifique existence.

Je voudrais à mon tour m'incliner devant cette noble figure et rappeler les éminents services que l'Amiral Fournier a rendus à la Science et à la Patrie.

Au cours de sa longue carrière d'officier de marine, il ne se contenta pas de servir avec distinction et avec éclat à tous les postes qu'il occupa successivement, soit dans les campagnes de Chine, soit pendant la guerre de 1870, soit à la tête de nos escadres. Il eut en outre l'occasion de faire preuve de talents diplomatiques qui rendirent dans de difficiles négociations des services qui ne seront pas oubliés.

En même temps, il s'attachait à l'étude des problèmes scientifiques les plus importants qui se posent à propos de la navigation; problème des déviations du compas, recherches sur les typhons, si dangereux dans les mers d'Extrême-Orient, recherches enfin sur la navigation à travers la brume, qu'il poursuivit presque jusqu'à son dernier jour.

Cette belle carrière est un magnifique exemple des résultats que peut produire l'association, dans un même homme, des qualités intellectuelles et des vertus de l'action. L'âge et la maladie avaient empêché depuis quelques années l'Amiral Fournier de participer à nos travaux; nous n'avons pas cependant oublié les qualités exceptionnelles de cet aimable Confrère, auprès duquel on était toujours sûr de recevoir le meilleur accueil et les conseils les plus précieux.

Nous adressons à ses enfants et petits-enfants l'expression de nos condoléances attristées et l'assurance que le souvenir de l'Amiral Fournier restera aussi vivace parmi ses Confrères de l'Académie que parmi ceux qui, dans notre Marine nationale, s'inspirent de ses traditions et de son exemple.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur le R. P.* BERLOTY, par M. **GEORGES PERRIER**.

Bonaventure Berloty naquit à Lyon le 25 mars 1856. Entré dans l'Ordre des Jésuites, il s'est occupé de science pendant toute sa vie. Docteur ès Sciences de la Faculté de Paris en 1886, Professeur aux Facultés libres d'Angers et de Lyon, ayant travaillé longtemps dans les Observatoires des Pères Jésuites à Stonyhurst en Angleterre et à Tortosa en Espagne, il avait déjà effectué d'importantes études sur le Soleil et sur la Séismologie, observant à Tortosa l'éclipse de Soleil de 1905, lorsqu'il fut envoyé en 1907 en Syrie, où les Jésuites possèdent d'importants établissements.

Il créa à Ksara, sur le bord occidental de la Bekaa, plateau qui sépare le Liban de l'Anti-Liban, et non loin de la route de Beyrouth à Damas, un Observatoire d'Astronomie et de Géophysique, en tirant le meilleur parti possible des maigres ressources dont il disposait, s'improvisant architecte, surveillant des travaux, et construisant ainsi une salle méridienne, des pavillons de Magnétisme, de Météorologie et de Séismologie.

Pour trouver les ressources indispensables à cette œuvre, le R. P. Berloty fit alors de fréquents voyages en Europe, en visitant les Observatoires les plus importants d'Astronomie et de Géophysique. Mais en 1914, survint la

guerre. Sitôt après l'entrée de la Turquie dans la grande lutte, les Pères Jésuites furent expulsés de Syrie. Si, jusqu'en 1918, aucun dégât ne fut commis à l'Observatoire de Ksara, la courte période qui s'écoula sur la fin des hostilités, entre la retraite des Turco-Allemands et l'arrivée des troupes britanniques, lui fut fatale. Il fut pillé par la lie des populations voisines livrée à elle-même, qui vola ou détériora d'une façon irrémédiable la plupart des instruments.

Revenu en Syrie, le R. P. Berloty, avec un beau courage, se remit au travail, et avec l'aide de son adjoint, le R. P. Combier, parvint à reconstituer tout ce qui avait été détruit, grâce à divers subsides, notamment à ceux donnés par l'Académie des Sciences sur le fonds Loutreuil.

A partir de 1920, les R. P. Berloty et Combier furent intimement associés aux opérations géodésiques et astronomiques entreprises par le Service géographique de l'Armée pour constituer le canevas de la Carte régulière du Levant.

En octobre 1920, ils prirent part à la mesure de la base primordiale de La Bekaa, rendant à la Mission du Lieutenant-Colonel Perrier les mêmes services que lui auraient prêtés deux officiers géodésiens de plus. Ksara devint alors un point géodésique de premier ordre et station astronomique de départ pour la triangulation syrienne.

En 1923, les R. P. Berloty et Combier prirent encore part à la mesure de la base de Bab, près d'Alep, dirigée par le Capitaine Govin.

Entre temps, des observations de gravité étaient exécutées à Ksara et à Bab. La comparaison des observations astronomiques et des observations géodésiques, ainsi que ces mesures de gravité, mettaient en évidence dans la région de Zahlé d'intéressantes anomalies, d'où l'on pourra déduire des conséquences importantes sur la nature du sous-sol. Le R. P. Berloty s'appliqua particulièrement à les étudier et poursuivit à cet effet des mesures d'azimuts par des méthodes nouvelles.

En même temps, il développait considérablement le Service météorologique de l'Observatoire. Les résultats obtenus conduisirent le Haut-Commissariat français à donner une consécration officielle à l'organisation météorologique de Ksara, en choisissant ce point comme centre du Service météorologique de Syrie, et en chargeant le R. P. Berloty d'établir les postes secondaires dans la région et de diffuser les renseignements météorologiques dans tout le Levant.

Le R. P. Berloty fut élu Correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section de Géographie et de Navigation le 7 juillet 1924. Ayant

pris sa retraite, remplacé comme Directeur de l'Observatoire de Ksara par le R. P. Combier, mais resté attaché à l'Observatoire, il prit encore part comme observateur à Ksara à la seconde Opération internationale des Longitudes de 1933. Les documents qu'il a laissés permettront de fixer définitivement la longitude de Ksara.

Ainsi le R. P. Berloty a réalisé en Syrie, par la création de son Observatoire et par ses travaux personnels, une grande œuvre scientifique qui contribue largement là-bas au développement de l'influence française et au rayonnement de notre pays.

Atteint l'année dernière d'un mal cruel qui nécessita une opération, il n'en continua pas moins ses travaux avec un courage admirable. Il s'est éteint doucement, le 10 octobre dernier, par généralisation du mal qui avait gagné tout l'organisme depuis quelques mois, gardant sa lucidité jusqu'au bout, ainsi que sa patience et sa bonne humeur, mourant sans agonie, en récitant les prières des agonisants, calme et joyeux comme toujours. Une belle mort après une vie de travail acharné.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le tome III des *Œuvres de* Henri Poincaré, publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences, tome publié avec la collaboration de M. Jules Drach.

HYDRAULIQUE. — *Contribution à l'étude sur modèles réduits des affouillements.* Note (¹) de MM. **Charles Camichel** et **Léopold Escande.**

Les éléments constituant le lit d'un cours d'eau sont soumis, indépendamment de la pesanteur et des forces hydrodynamiques, à d'autres forces complexes provenant de la constitution du lit.

La force hydrodynamique agissant sur un grain isolé peut être représentée par une expression de la forme

$$F = \rho S V^2 \varphi(\mathcal{R}), \qquad (1)$$

ρ désignant la densité de l'eau, V la vitesse d'attaque, S une surface caractéristique du grain, $\mathcal{R}$ le nombre de Reynolds; $\mathcal{R} = VD/\nu$ (D étant une dimension linéaire caractérisant le grain) et φ une fonction dépendant uniquement de la forme du grain considéré.

(¹) Séance du 29 octobre 1934.

Nous avons montré, dans le cas des ouvrages hydrauliques, que cette fonction φ est décroissante pour les petites valeurs de $\mathcal{R}$ et devient constante au delà d'une certaine valeur de $\mathcal{R}$ caractérisant le seuil (1).

Dans la Note actuelle, nous envisageons seulement les forces auxquelles sont soumis les éléments désagrégés et entraînés, c'est-à-dire la pesanteur et les forces hydrodynamiques, en laissant de côté les autres forces en raison de l'impossibilité d'en tenir rationnellement compte.

Considérons donc isolément un élément qui sera, selon les cas, un bloc de rocher, un galet, un grain de gravier ou de sable et supposons, pour simplifier, qu'il s'agisse du grain type, représentant comme grosseur et comme forme, l'élément constitutif moyen du fond du lit; en désignant par d_1 son poids spécifique, W_1 son volume, P_1 son poids, les autres quantités ayant le même sens que dans la formule (1), les lettres étant simplement affectées de l'indice 1, on a les relations :

$$P_1 = d_1 W_1, \qquad F_1 = \rho S_1 V_1^2 \varphi(\mathcal{R}_1), \qquad \mathcal{R}_1 = \frac{V_1 D_1}{\nu}.$$

Proposons-nous de trouver, dans le cas le plus simple d'un mouvement à surface libre réduit dans le rapport de similitude géométrique λ, quel doit être le matériau constitutif à utiliser dans le modèle réduit; la condition de similitude se traduit évidemment par la réduction dans le même rapport du poids de l'élément constitutif du matériau caractérisant le modèle réduit, d'une part, et de la force hydrodynamique qui s'exerce sur lui, d'autre part.

Dans le cas le plus général, comme nous le verrons, on sera obligé d'utiliser, dans le modèle réduit, un matériau affouillable dont la grosseur sera K fois plus forte que celle qui correspondrait à la similitude géométrique dans le rapport λ.

Nous supposons que ce matériau a une forme géométrique semblable à celle du matériau constituant le fond du lit (2) et que le choix de K est fait de telle sorte que la substitution de λ/K à λ ne modifie pas la similitude de Reech en ce qui concerne l'écoulement proprement dit. En caractérisant les forces qui vont agir sur lui dans le modèle réduit par l'indice 2,

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 881; **191**, 1930, p. 750; **192**, 1931, p. 825; **195**, 1932, p. 473; **198**, 1934, p. 1001.

(2) Dans le cas où il n'en serait pas ainsi, les fonctions $\varphi(R)$ seraient distinctes pour l'ouvrage et pour le modèle, et les conclusions seraient à modifier en conséquence.

et en tenant compte de la relation $V_1 = V_2\sqrt{\lambda}$, on a

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_1}{d_2}\frac{\lambda^3}{K^3}, \qquad \frac{F_1}{F_2} = \frac{\lambda^3}{K^2}\frac{\varphi(\mathcal{R}_1)}{\varphi(\mathcal{R}_2)} \qquad \text{et} \qquad \frac{\mathcal{R}_1}{\mathcal{R}_2} = \frac{\lambda^{3/2}}{K},$$

ce qui impose la condition de similitude

$$(2) \qquad \frac{d_1}{d_2} = K\frac{\varphi(\mathcal{R}_1)}{\varphi(\mathcal{R}_2)}.$$

D'après cette relation, la similitude ne sera possible, en utilisant dans le modèle un matériau de même densité réduit dans le rapport λ, que dans des cas exceptionnels, tels que : études d'enrochements, ou encore lit constitué de gros blocs dans un courant rapide. En effet, si le grain type du lit naturel est petit, la réduction géométrique dans le rapport λ correspondrait, pour le modèle, à une poudre impalpable dont l'emploi serait impossible. Même lorsque l'application de cette règle conduirait à adopter pour le modèle un sable d'une finesse réalisable, l'emploi de ce sable ne pourrait être envisagé par suite du phénomène de la production des dunes; ces dunes, d'autant plus accentuées que le sable est plus fin, modifient profondément le relief du modèle et altèrent nettement la réalisation de la similitude.

Supposons enfin que la réduction géométrique dans le rapport λ conduise à des matériaux tels que les dunes de sable ne se produisent pas dans le modèle; la condition de similitude (2) dans laquelle il faudrait faire $K = 1$, devient

$$(3) \qquad \frac{d_1}{d_2} = \frac{\varphi(\mathcal{R}_1)}{\varphi(\mathcal{R}_2)}.$$

Dans le cas exceptionnel où les phénomènes d'entraînement étudiés correspondraient à la mise en jeu de nombres de Reynolds assez élevés pour que le nombre $\mathcal{R}_2$ caractérisant le modèle réduit soit lui-même supérieur au seuil de la fonction $\varphi(\mathcal{R})$ correspondante, on aurait $\varphi(\mathcal{R}_1) = \varphi(\mathcal{R}_2)$ et, par suite, la condition de similitude (3) donnerait $d_1 = d_2$; donc, dans ce cas, l'emploi de matériaux affouillables semblables dans le rapport λ et de même densité [1] serait légitime. Mais il est facile de voir que c'est là un cas peu fréquent, étant donné que, dans la majorité des cas, la réduction dans le rapport λ des grains utilisés conduit à une très faible valeur des nombres de Reynolds $\mathcal{R}_2$.

---

[1] MM. Meyer-Peter, Favre et Einstein ont tout récemment obtenu des résultats vérifiant ce point, la dimension des grains les plus fins étant 3mm,17 (*Schweizeriche Bauzeitung*, **103**, 1934, p. 163).

En général, $\varphi(\mathcal{R}_1)$ et $\varphi(\mathcal{R}_2)$ auront des valeurs différentes, et, par suite, les matériaux à utiliser dans le modèle réduit devront avoir une densité différente de celle des matériaux constituant le fond du lit, densité donnée par la relation (3).

Conclusion: — Nous venons d'exposer comment peut être guidé le choix des matériaux affouillables à disposer dans un modèle réduit, ce choix étant basé sur les lois de l'entraînement par suspension.

Comme nous l'avons fait observer, d'autres éléments interviennent pour caractériser les phénomènes d'érosion et de dépôts. De plus, en pratique, le lit étudié ne sera pas constitué par des éléments identiques comme nature, forme ou dimension; il en résultera une indétermination dans la valeur de la fonction φ correspondante.

Il résulte de ces considérations que les remarques ci-dessus exposées ne peuvent pas constituer une méthode rigoureuse, mais seulement, comme nous l'avons indiqué, un guide, dans la question d'affouillement, où règne actuellement l'empirisme le plus complet.

BOTANIQUE. — *Les* Plectaneia, *Apocynacées de Madagascar.* Note [1] de M. **Henri Jumelle.**

Le genre *Plectaneia* est resté jusqu'à une époque relativement récente un genre de plantes malgaches à peu près ignoré. Le genre même avait bien été créé dès 1811 par Dupetit-Thouars, qui l'avait même parfaitement caractérisé tout de suite par ses fruits et ses graines, mais sans accompagner sa courte description d'aucune dénomination spécifique; et la première espèce nommée, le *Plectaneia Thouarsii*, ne le fut qu'ultérieurement, en 1819, par Roemer et Schultes. Ce fut d'ailleurs uniquement cette espèce que connurent de Candolle, Bentham et Hooker, et même Baillon. En 1895 seulement K. Schumann créa deux autres espèces, *Plectaneia Hildebrandtii* et *Plectaneia Pervillei*, mais sur lesquelles il ne donna que des indications vagues.

Et à ces quelques données se réduisait, en définitive, tout ce que nous savions de ces *Plectaneia* lorsque, en 1908, avec M. Perrier de la Bâthie, au cours de l'étude d'ensemble que nous faisions alors sur les plantes à caoutchouc de Madagascar, nous étions amenés à nous occuper de ce genre, dont nous signalions cinq espèces. Peu après, d'autre part,

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.

M. Hochreutiner décrivait complètement, d'après des échantillons d'authenticité incontestable, le *P. Thouarsii*, et en 1922 M. Stapf redonnait, avec figures, des diagnoses de ce *P. Thouarsii* et de notre *P. elastica*.

Mais une histoire moins superficielle de ce curieux genre restait donc toujours à faire; nous croyons que les abondantes récoltes de M. Perrier de la Bâthie, que nous avons pu examiner en même temps que les collections de l'Herbier du Muséum de Paris, où se trouvent les échantillons recueillis par M. Humbert et M. Decary, nous permettent aujourd'hui de la tenter.

En fait, nous connaissons aujourd'hui à Madagascar onze espèces de *Plectaneia*, dont nous pouvons donner les grands caractères distinctifs et la répartition dans l'île.

Rappelons que, dans toutes, les fruits sont de longs follicules accolés par deux, comme dans beaucoup d'autres Apocynacées, mais avec des graines qui, au lieu d'une aigrette, portent deux ailes extrêmes les faisant ressembler, comme l'avait jadis remarqué Dupetit-Thouars, à des graines de Bignoniacées.

De ces onze espèces, trois seulement sont de l'Est de l'île : le *P. Thouarsii*, le *P. elastica* et le *P. macrocarpa*.

Le *P. Thouarsii*, la première espèce connue, est, des trois, la plus largement répartie, puisque nous pouvons la signaler tout au moins depuis la baie d'Antongil jusqu'au Bas-Faraony et que, d'autre part, elle remonterait dans le Centre jusqu'à 1800^{m}.

Le *P. elastica* Jum. et Perr., très voisin du précédent, mais déjà à première vue nettement distinct par son acumen foliaire toujours très aigu, jamais obtus, puis producteur de caoutchouc, ce que n'est jamais le *P. Thouarsii*, est d'aire beaucoup plus restreinte, car nous ne sommes pas absolument sûr de sa présence dans l'Est même, près de Fort-Dauphin, et nous ne le connaissons de façon certaine qu'aux confins de l'Est et du Centre et dans le Centre.

Quant au *P. macrocarpa* Jum., à très longs follicules, nous ne pouvons le signaler, pour l'instant, que dans le Sud-Est.

Spécial au Centre est le *P. Boivini* Jum., à petites fleurs et à grands fruits à section ovale ou elliptique, uniquement récolté jusqu'ici dans les bois du Haut-Isandrano.

Aux limites de ce Centre, tout en redescendant dans l'Ouest, au Sud du Mangoky, à des altitudes un peu plus basses, est le *P. isalensis* Jum., à fleurs plus grandes que celles des *Plectaneia Thouarsii* et *elastica*.

Dans l'Ouest même, l'espèce de plus large extension est le *P. firingalavensis* Jum., dont on trouve depuis Marovoay jusque dans la province de Fort-Dauphin des représentants que leurs fruits fortement ailés aident à reconnaître.

A peu près d'aussi large distribution cependant est le P. *Hildebrandtii* K. Sch., car l'espèce, que caractérisent de longues fleurs de 8 à 9^{mm}, avec lobes corollaires de plus de 6^{mm}, est bien particulièrement commune dans le Boina, mais sa présence a été encore constatée dans la région de Morondava; et, d'autre part, elle est aussi de Nossi-Bé et se retrouve même à Vohémar, dans cet Extrême-Nord-Est dont les conditions de végétation participent plus de celles du Nord-Ouest que de celles de l'Est.

Plus exclusivement du Nord-Ouest est le P. *inutilis*, dont la variété *hirsuta* remonte cependant vers Diego-Suarez et dans le bassin de la Loky. Ce P. *inutilis* Jum. et Perr. se rapproche à divers égards du P. *elastica*, mais, entre autres caractères distinctifs, ses feuilles sont plus largement ovales et moins atténuées au sommet, puis son tronc est dépourvu des grosses lenticelles qui recouvrent le tronc du P. *elastica*.

Du Nord-Ouest encore, et de préférence sur les sols calcaires du Jurassique et du Crétacé, est le P. *rhomboidalis* Jum. et Perr., à fleurs de 8 à 10^{mm}, avec très long style; mais cette espèce, cette fois, pourrait redescendre aussi vers le Sud, puisqu'elle est encore du bassin du Mangoky.

Au contraire est plutôt, et même peut-être uniquement, du Sud-Ouest le P. *stenophylla* Jum., à feuilles allongées étroites.

Enfin semble particulier au Sambirano le P. *microphylla* Jum. et Perr., à très petites feuilles largement ovales.

On voit à quel point a bien été trop longtemps méconnue à Madagascar l'importance de ce genre *Plectaneia*.

M. **Émile Mathias** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires intitulés *Action de la Foudre sur l'homme et les animaux* (1re Partie) et *L'industrie des très basses températures et des gaz rares*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre de la Section de Mécanique en remplacement de M. *P. Vieille* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 53,

M. Ernest Vessiot	obtient	21 suffrages
M. Albert Caquot	»	20 »
M. Auguste Lafay	»	7 »
M. Albert Liénard	»	5 »

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 53,

M. Albert Caquot	obtient	30 suffrages
M. Ernest Vessiot	»	23 »

M. **Albert Caquot**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Claude Gautier** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1931.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Claude Gaillard. *Contribution à l'étude de la Faune préhistorique de l'Égypte.*

2° Le volume VIII des *Publications de l'*Observatoire d'Alger. *Catalogue de* 9997 *étoiles comprises entre* — 17°50′ *et* — 23°0′ *de déclinaison*, 1855 *pour l'équinoxe de* 1900, *tiré des observations faites de* 1888 *à* 1897, Trépied *étant directeur*, par MM. Ch. Rambaud et F. Sy, sous la direction de M. F. Gonnessiat.

3° *Études sur les tempêtes de la saison 1933-1934 à Madagascar*, par le R. P. Ch. Poisson.

4° Faune de France. 28. *Diptères (Brachycères)* (Muscidae acalypterae et scatophagidae), par E. Seguy. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

5° E.-M. Antoniadi. *La planète Mercure et la rotation des satellites.* (Présenté par M. H. Deslandres.)

ALGÈBRE. — *Sur un problème de la théorie des polynomes.* Note (¹) de M. **J. Dieudonné.**

1. Considérons, dans le plan de la variable complexe z, le demi-plan ouvert (π) situé au-dessus de l'axe réel, et défini (²) par $I(z) > 0$. Proposons-nous de trouver les conditions que doivent remplir deux polynomes $A(z)$ et $B(z)$, de degrés respectifs p et q, pour que *toutes les racines de l'équation*

$$(1) \qquad A(z)\,P(z) + B(z)\,P'(z) = 0$$

soient dans le demi-plan (π), *lorsque* $P(z)$ *est un polynome assujetti à la seule condition d'avoir tous ses zéros dans* (π).

Une condition *nécessaire* est que l'on ait

$$(2) \qquad I\left(\frac{A}{B}\right) \geqq 0$$

le long de l'axe réel. En effet, si cette condition n'était pas remplie au point z_0 de l'axe réel, le point α déterminé par l'équation

$$A(z_0)(z_0 - \alpha) + B(z_0) = 0$$

serait dans le demi-plan (π), et l'équation (1) correspondant au polynome $P(z) = z - \alpha$ aurait un zéro sur l'axe réel, contrairement à l'hypothèse.

Inversement, supposons la condition (2) remplie le long de l'axe réel et, de plus, que ni $A(z)$, ni $B(z)$ n'aient de racines réelles (³). Si l'on remarque

---

(¹) Séance du 29 octobre 1934.

(²) $I(z)$ désigne la partie imaginaire de z.

(³) On étudierait aisément ce qui se passe dans le cas contraire, par la même méthode que dans le cas général.

que l'équation (1) s'écrit

$$\varphi(z) \equiv \frac{A}{B} + \frac{P'}{P} = 0$$

et que l'on a, en vertu des hypothèses faites, $I(\varphi) > 0$ le long de l'axe réel, on peut évaluer le nombre des zéros de $\varphi(z)$ intérieurs à (π) en appliquant la formule de Cauchy, qui donne le nombre de zéros d'une fonction à l'intérieur d'un contour, au contour formé par le segment $-R, +R$ de l'axe réel et le demi-cercle $|z| = R$ situé dans (π), R étant un nombre suffisamment grand. On arrive ainsi aisément à la conclusion suivante : pour que A et B (dépourvus de zéros réels) répondent à la question posée, *il faut et il suffit :*

1° *que la condition* (2) *soit vérifiée le long de l'axe réel;*

2° *que tous les zéros de* $B(z)$ *soient dans* (π);

3° *que l'on ait, soit* $p \leqq q$, *soit* $p = q + 1$ *et*

$$\lim_{z \to \infty} \frac{A(z)}{zB(z)} = a,$$

a étant réel et négatif (1).

2. On peut aussi se poser un problème analogue, en recherchant les conditions pour que (1) ait *au moins une racine* dans (π), $P(z)$ étant toujours assujetti à la seule condition d'avoir tous ses zéros dans (π).

On peut donner une condition *suffisante* pour qu'il en soit ainsi, en suivant le même raisonnement que dans une Note récente sur un cas particulier de ce problème (2).

Si aucun zéro de (1) n'était dans (π), on aurait, en tout point de (π),

$$I\left[\frac{A'P + (A + B')P' + BP''}{AP + BP'}\right] < 0.$$

En appliquant en particulier cette inégalité aux zéros (simples) z_1, $z_2, \ldots, z_n$ de $P(z)$, on en tire

$$\sum_{k=1}^{n} I\left[\frac{A(z_k) + B'(z_k)}{B(z_k)} + \frac{P''(z_k)}{P'(z_k)}\right] < 0.$$

Comme

$$\sum_{k=1}^{n} \frac{P''(z_k)}{P'(z_k)} = 0,$$

(1) Ces conditions entraînent que tous les zéros de $A(z)$ sont également dans (π).

(2) J. Dieudonné, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1966-1967.

on voit que si l'on a

$$\text{(3)} \qquad \mathrm{I}\left[\frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}'}{\mathrm{B}}\right] \geqq 0$$

dans tout le demi-plan (π), on aboutit à une contradiction.

Cette condition est donc suffisante pour que A et B répondent à la question; elle n'est d'ailleurs nullement nécessaire, comme il résulte du n° 1.

3. On peut appliquer la même méthode à des équations du type (1) où A et B peuvent dépendre de $\mathrm{P}(z)$. Par exemple, si $\mathrm{B}=\mathrm{P}'$, A étant un polynome quelconque de degré $p \leqq n-2$, on a, d'après le théorème des résidus,

$$\sum_{k=1}^{n} \frac{\mathrm{A}(z_k)+\mathrm{B}'(z_k)}{\mathrm{B}(z_k)} = 0.$$

On en déduit que *l'équation*

$$\mathrm{AP}+\mathrm{P}'^2=0$$

a toujours une racine au moins dans (π).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations, linéaires ou non, aux dérivées partielles, du type elliptique*. Note de M. **Georges Giraud**.

1. Soit t une variable positive; toute fonction $\omega(t)$ positive, croissante et telle que $\omega(t)/t$ soit sommable dans l'intervalle (0, 1), sera nommée ici une fonction limitante de Dini. Si une fonction $\varphi(\mathrm{X})$ d'un point X de l'espace à m dimensions est telle que l'on ait toujours

$$|\varphi(\mathrm{X})-\varphi(\mathrm{Y})| < \omega(\mathrm{L}) \qquad (\mathrm{L}=\text{distance}),$$

on dira ici que φ remplit une condition de Dini [1].

Les équations du type elliptique possèdent des propriétés connues, dans l'énoncé desquelles interviennent des conditions de Hölder [c'est-à-dire des conditions de Dini avec $\omega(t)=\mathrm{M}t^h$ ($\mathrm{M}>0$, $h>0$)], et qui peuvent s'étendre à des conditions plus générales de Dini, parfois au prix d'un énoncé plus compliqué. Plusieurs de ces généralisations vont être indiquées, et ensuite sera mentionnée une autre propriété, dans l'énoncé de laquelle figurent des conditions de Hölder.

(1) Dini a même considéré une définition plus générale (*Acta mathematica*, 25, 1902, p. 185 à 230, spécialement p. 203 et 204).

2. Considérons l'opération linéaire du type elliptique

$$\mathcal{F} u = \Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha \, \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, m),$$

où les $a_{\alpha,\beta}$ remplissent des conditions de Dini, et les b_α et c sont continus. Pour certaines fonctions u dépourvues de dérivées secondes, on peut définir $\mathcal{F}$ d'une façon généralisée, comme dans le cas des conditions de Hölder (¹).

On donne un domaine borné $\mathcal{D}$; on suppose que sa frontière $\mathcal{S}$ est recouverte par un nombre fini de domaines, dans chacun desquels les coordonnées s'expriment à l'aide de $m-1$ paramètres, par des fonctions dont les dérivées existent et remplissent des conditions de Dini, et dont les jacobiens ne s'annulent simultanément nulle part; on suppose que $\mathcal{S}$ ne contient aucun point multiple.

Soient $\varpi_1, \ldots, \varpi_m$ les cosinus directeurs de la normale extérieure en un point Y de $\mathcal{S}$, et soit ψ une fonction continue de Y. Soit Y_t un point dont les coordonnées sont du type $y_\alpha - t\Sigma_\beta a_{\alpha,\beta}\varpi_\beta + t\eta_\alpha(t)/\log t \; (t > 0)$, les $\eta_\alpha(t)$ étant infiniment petits avec t. On pose

$$\Theta u(\mathrm{Y}) = \lim_{t \to 0} \frac{u(\mathrm{Y}) - u(\mathrm{Y}_t)}{t} + \psi(\mathrm{Y})\, u(\mathrm{Y}).$$

A la condition $\mathcal{F} u = f$ dans $\mathcal{D}$, où f est une fonction donnée, continue dans $\mathcal{D} + \mathcal{S}$, associons sur $\mathcal{S}$ soit la condition $u = 0$, soit la condition $\Theta u = \varphi$, où φ est une fonction donnée, continue sur $\mathcal{S}$. Les deux types de questions se traitent comme dans le cas des conditions de Hölder (²) et les conclusions sont les mêmes.

3. Soit ω la fonction limitante qui correspond aux $a_{\alpha,\beta}$. Pour que les dérivées secondes de u existent et soient continues en tout point de $\mathcal{D}$, il

(¹) *Bull. des Sciences math.*, 56, 1932, p. 248 à 272, 281 à 312, 316 à 352, et *Errata*, p. 384; spécialement Chap. I.

(²) On se sert d'une généralisation de la théorie des équations intégrales de Fredholm, indiquée dans *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 595 à 597; *Bull. des Sciences math.*, 57, 1933, p. 327 à 334. La fonction

$$\omega'(t) = \mu t^\mu \int_t^{+\infty} \frac{\omega(x)}{x^{\mu+1}}\, dx \qquad (\mu > 0)$$

satisfait aux mêmes hypothèses que ω, et est supérieure à ω; cela rend inutile l'hypothèse que $\omega(t)t^{-\mu}$ est décroissant. On peut aussi traiter des cas où les données ne sont pas toutes continues (*Comptes rendus*, 198, 1934, p. 885 à 887).

suffit que $\omega(t)\log t/t$ soit sommable dans $(0,1)$ et qu'en outre les b_α, c et f remplissent des conditions de Dini.

4. Soit

$$F(p_{1,1}, p_{1,2}, \ldots, p_{m,m}; p_1, \ldots, p_m; u; x_1, \ldots, x_m) = 0$$

une équation non linéaire du type elliptique. On suppose que les dérivées secondes de F par rapport à toutes les lettres $p_{\alpha,\beta}, p_\alpha, u, x_\alpha$, existent et sont continues. On peut démontrer que si les dérivées secondes d'une solution u remplissent des conditions de Dini dans un certain domaine, u est trois fois continûment dérivable dans ce domaine (1).

5. Rappelons enfin un résultat déjà annoncé (2), relatif à la détermination d'une condition de Hölder remplie par les dérivées secondes de la solution u d'un problème non linéaire de Dirichlet, quand on sait limiter u et ses dérivées premières et secondes. Ce résultat n'est pas actuellement étendu au cas des conditions de Dini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations de Monge-Ampère dont les surfaces intégrales propagent certaines intégrales invariantes.* Note (3) de M. **Adolphe Buhl.**

Il s'agit des équations du type (4) formulé ci-après. Pour y parvenir, soit d'abord l'égalité (4)

$$(1)\qquad \iint_P \frac{dM\,dN}{\Delta(M,N)} = \iint_\Pi \begin{vmatrix} s & t & 0 & 0 & -1 \\ r & s & 0 & -1 & 0 \\ p & q & -1 & 0 & 0 \\ M_x & M_y & M_z & M_p & M_q \\ N_x & N_y & N_z & N_p & N_q \end{vmatrix} \frac{dx\,dy}{\Delta(M,N)}.$$

Le premier membre est supposé avoir un sens pour une étendue P, sim-

(1) Eberhard Hopf, *Math. Zeitschrift*, 34, 1931, p. 194 à 233, spécialement p. 215; Georges Giraud, *Ann. scient. École Norm. sup.*, 47, 1930, p. 197 à 266, spécialement page 222.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1361 à 1363, spécialement paragraphe 2. Le résultat avait été retiré à cause d'un défaut dans l'essai de démonstration (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 236 et 237), mais la démonstration est maintenant complétée. Les conséquences annoncées dans la première Note subsistent.

(3) Séance du 5 novembre 1934.

(4) Pour le passage explicite du premier membre au second, voir, par exemple, mon fascicule *Géométrie et Analyse des intégrales doubles*, p. 9. Collection *Scientia*.

plement connexe, d'un plan à axes OMN, l'étendue P étant enfermée dans un contour d'équation

$$\Phi(M, N) = 0. \tag{2}$$

Dans le second membre de (1), on suppose que la cloison Π correspond à P dans les mêmes circonstances topologiques, Π faisant alors partie d'une surface S d'équation $z = z(x, y)$ et étant délimitée, sur cette surface, par un contour d'équation (2), à condition, en (2) comme dans le second membre de (1), de lire $M(x, y, z, p, q)$ et $N(x, y, z, p, q)$ pour M et N. Les indices de M et N indiquent des dérivations.

Il est évident que si l'on remplace la surface S par d'autres, sans changer la fonction Φ de l'équation (2), le second membre de (1) est invariant comme s'exprimant toujours par le premier qui n'a alors aucune raison de varier.

L'intégrale invariante l'est, non moins évidemment, par rapport à la forme, en x, y, z, p, q des fonctions M et N.

Ceci dit, supposons que l'intégrale double invariante doive avoir la forme imposée

$$\int\int_{\Pi} \Theta(x, y, z, p, q)\, d\sigma. \tag{3}$$

Les surfaces S ne peuvent plus être quelconques; il faut les remplacer par des surfaces Σ, intégrales de l'équation de Monge-Ampère

$$\frac{1}{\Theta(x, y, z, p, q)\sqrt{p^2+q^2+1}} \begin{vmatrix} s & t & 0 & 0 & -1 \\ r & s & 0 & -1 & 0 \\ p & q & -1 & 0 & 0 \\ M_x & M_y & M_z & M_p & M_q \\ N_x & N_y & N_z & N_p & N_q \end{vmatrix} = \Delta(M, N). \tag{4}$$

Les équations de ce type ne semblent pas avoir été considérées jusqu'ici. En général le second membre $\Delta(M, N)$ ne peut être identiquement nul mais, s'il l'était, l'équation (4) aurait une intégrale intermédiaire représentée par (2) avec Φ fonction arbitraire. Vraisemblablement les équations de Monge-Ampère, du type (4), au point de vue logique et dans l'ordre de complication, doivent être situées après les équations à intégrale intermédiaire. Sur les surfaces intégrales Σ, de ces équations (4), on peut considérer des cloisons Π, de contour défini par (2) avec Φ fonction arbitraire, cloisons Π sur lesquelles l'intégrale (3) se propage invariante. Il est toujours entendu que la fonction arbitraire Φ reste la même pendant la propagation.

Si M et N se réduisent à $M(x, y, z)$ et $N(x, y, z)$, ce qui précède se réduit à la propagation dans les *espaces à canaux* [1]. Ici, dans le cas général, il ne saurait être question de *canaux*, du moins avec conservation exacte du sens déjà donné à ce mot. Les cloisons Π, en propagation, sont délimitées, sur les surfaces propagatrices Σ, par des surfaces tangentes qui, lorsqu'on passe d'une surface Σ à une autre, ont bien même équation aux dérivées partielles (2) mais ne se raccordent pas nécessairement pour cela. La propagation est encore guidée mais elle l'est, en général, de manière non analytique.

Enfin, si l'on adjoint, à une cloison Π en propagation, d'autres cloisons Π_n tangentes, tout le long du contour de Π, ces Π_n peuvent aussi bien servir que Π au calcul de (3), par une intégrale double ayant la forme du second membre de (1), et elles donnent, toujours le long du contour, des discontinuités pour les dérivées partielles de z d'ordre supérieur au premier.

De là naissent des schémas possibles pour propagations ondulatoires au sens différentiel du mot. Les ondes de nature différentielle et les ondes de nature intégrale seraient ainsi étroitement associées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'allure de la fonction définie par une série de Dirichlet au voisinage de son point singulier.* Note de M. J. R. **Braïtzeff**, présentée par M. Hadamard.

Considérons la série de Dirichlet

$$(s) = \sum_{0}^{\infty} a_n e^{-s\lambda_n} \qquad (\lambda_n > 0,\ \lambda_{n+1} > \lambda_n,\ \lim_{n \to \infty} \lambda_n = \infty); \tag{1}$$

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \sqrt[\lambda_n]{|a_n|} = \frac{1}{R} \qquad (R \gtreqless 1). \tag{1'}$$

Soient

$$\theta_{\beta,\varphi}(z) = e^{\varphi i} \sum_{1}^{\infty} z^n n \mathfrak{J}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}); \tag{2}$$

$$\mathfrak{J}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}) = \sum_{0}^{\infty} \frac{a_t n^{\alpha\lambda_t} e^{\lambda_t \varphi i}}{\Gamma(\alpha\lambda_t + 2)}, \tag{2'}$$

α étant une quantité positive quelconque.

---

(1) Voir *Structures analytiques et Théories physiques* (*Mémorial des Sciences physiques*, fasc. 22), et *Gravifiques, Groupes, Mécaniques* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 62).

La fonction $\theta_{\alpha,\varphi}(z)$ possède une propriété remarquable ([1]) : sur la circonférence $|z| = \rho_{\alpha,\varphi}$, où

$$\frac{1}{\rho_{\alpha,\varphi}} = \overline{\lim_{n \to \infty}} \sqrt[n]{|\mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i})|}, \tag{3}$$

n'est situé en général qu'un point singulier de cette fonction. En posant $e^{-s} = z$, $s = \log 1/z$, nous obtiendrons

$$\theta(z) = \sum_0^\infty a_n z^{\lambda_n}. \tag{4}$$

Au plan de la variable complexe s correspond ici une surface de Riemann R à une infinité de feuillets relative à la fonction $\log z$. Toutes les branches de la fonction

$$\theta_k(z) = \sum_0^\infty a_n e^{2\pi k \lambda_n i} z^{\lambda_n}, \tag{5}$$

où $k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, $z = \rho_\alpha^n e^{\varphi i}$ et $-\pi \leqq \varphi \leqq \pi$, s'étendent sur ces feuillets de sorte que, sur le feuillet L_0,

$$\theta_0(z) = \sum_0^\infty a_n z^{\lambda_n}. \tag{6}$$

Dans le Mémoire cité (p. 90), nous avons donné une formule fondamentale

$$\theta_{\alpha,\varphi}(z) = e^{\varphi i} \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\left(\log \frac{1}{z} + 2k\pi i\right)^2} \theta_0 \left[\frac{e^{\varphi i}}{\left(\log \frac{1}{z} + 2k\pi i\right)^\alpha} \right]. \tag{7}$$

En posant dans cette relation $u = \log 1/z$, nous aurons

$$\theta_{\alpha,\varphi}(z) = \psi_{\alpha,\varphi}(u) = e^{\varphi i} \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(u + 2k\pi i)^2} \theta_0 \left[\frac{e^{\varphi i}}{(u + 2k\pi i)^\alpha} \right]. \tag{8}$$

Les singularités de la fonction $\psi_{\alpha,\varphi}(u)$ sont

$$\xi^{-\frac{1}{\alpha}} e^{\frac{\varphi i}{\alpha}} - 2k\pi i \qquad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots) \tag{9}$$

et $2k\pi i$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$), ξ étant un point singulier de la fonction (6).

([1]) *Math. Ann.*, **109**, 1, 1933, p. 84.

Il est clair que les points singuliers de la fonction $\theta_0(u^{-\alpha}e^{\varphi i})$ sont de la forme $\xi^{-1/\alpha}e^{\varphi i/\alpha}$.

En vertu de la formule (8), on peut écrire

$$(10)\qquad \theta_0(u^{-\alpha}e^{\varphi i}) = e^{-\varphi i}(\log z)^2\theta_{\alpha,\varphi}(z) + \sigma_\alpha(u);$$

$$(11)\qquad \sigma_\alpha(u) = -u^2\sum_{-\infty}^{+\infty}\frac{1}{(u+2k\pi i)^2}\theta_0\left[\frac{e^{\varphi i}}{(u+2k\pi i)^\alpha}\right] + u^2\theta_0(u^{-\alpha}e^{\varphi i}).$$

Il est évident que la fonction $\sigma_\alpha(u)$ est régulière à l'intérieur du cercle $|u|\leqq 1$, car ses singularités sont de la forme (9) ou $2k\pi i$, où il faut poser : $k=\pm 1, \pm 2, \ldots$ et $|\xi|\geqq 1$. Soit

$$(12)\qquad u = u^{-\frac{1}{\alpha}}e^{\frac{\varphi i}{\alpha}}.$$

Nous obtiendrons

$$(13)\qquad \theta_0(u) = e^{-\varphi i}(\log z)^2\theta_{\alpha,\varphi}(z) + \sigma_\alpha\left(u^{-\frac{1}{\alpha}}e^{\frac{\varphi i}{\alpha}}\right),$$

$$(13')\qquad z = \exp\left(-u^{-\frac{1}{\alpha}}e^{\frac{\varphi i}{\alpha}}\right).$$

Si la variable u tend vers le point ξ à l'intérieur de l'étoile $B^{(\alpha)}$ de Mittag-Leffler construite pour la fonction $\theta_0(z)$ sur la surface R, la variable z (13') tend vers le point singulier $\exp(-\xi^{-1/\alpha}e^{\varphi i/\alpha})$ de la fonction $\theta_{\alpha,\varphi}(z)$ à l'intérieur du cercle $|z|\leqq r_{\alpha,\varphi}$.

Il est clair qu'en vertu de la formule (13), l'allure de la fonction $\theta_0(u)$ autour du point ξ est identique à celle de la fonction

$$(14)\qquad e^{-\varphi i}(\log z)^2\theta_{\alpha,\varphi}(z),$$

au voisinage du point $\exp(-\xi^{-1/\alpha}e^{\varphi i/\alpha})$.

Il faut souligner surtout deux faits : 1° on peut se borner seulement au cas où, sur la circonférence $|z| = r_{\alpha,\varphi}$, n'est situé qu'un point singulier de la fonction $\theta_{\alpha,\varphi}(z)$, et 2° par cette voie on peut étudier l'allure de la fonction $\theta_0(u)$ au voisinage d'un point singulier quelconque.

On traite de la même manière chaque branche de la fonction $\theta(z)$ (4). La détermination de l'allure de la fonction $f(s)$ (1) autour de chaque point singulier se fait alors tout de suite. La méthode s'étend immédiatement à l'intégrale de Stieltjès $\int_0^\infty e^{-st}f(t)\,d\alpha(t)$, aux séries de facultés, etc.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une expression générale des noyaux itérés.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

Dans la théorie des noyaux symétriques, on trouve une expression très simple du noyau itéré $K_n(M, P)$ en fonction de n, de la forme

$$K_n(M, P) = \sum_j \frac{\varphi_j(M)\,\varphi_j(P)}{(\lambda_j)^n}$$

pour $n \geqq 2$.

On peut aussi obtenir une expression assez simple du $n^{\text{ième}}$ itéré d'un noyau dissymétrique mais de rang fini [1]. Par contre *aucune expression en fonction de n du $n^{\text{ième}}$ itéré* du noyau *général* (dissymétrique et de rang infini) *n'a été publiée*, à notre connaissance.

On peut en obtenir une immédiatement en utilisant un artifice dû à E. Schmidt et consistant à introduire au lieu des fonctions et constantes caractéristiques de $K(M, P)$, des couples de fonctions singulières $X(M)$, $Y(M)$ et des constantes singulières μ de K définies par le couple d'équations

$$X(M) = \mu \int_V K(M, P)\, Y(P)\, dP,$$
$$Y(M) = \mu \int_V K(P, M)\, X(P)\, dP.$$

On peut choisir de tels couples de fonctions singulières X_1, Y_1; X_2, Y_2; ..., de sorte que les X_j forment un système orthonormé sur V et de même pour les Y_j. Appelons μ_j la valeur singulière de K correspondant au couple X_j, Y_j.

E. Schmidt a démontré qu'on a « en double moyenne quadratique » :

$$K(M, P) \approx \sum_j \frac{X_j(M)\,Y_j(P)}{\mu_j} \quad (^2).$$

On peut généraliser et montrer qu'on a aussi « en *double* moyenne qua-

(1) Voir, par exemple, M. Fréchet, *The Quarterly Journal of Mathematics*, Oxford series, 5, 1934, p. 106-144.

(2) En général, nous conviendrons ici de poser

$$H(M, P) \approx \sum_{j=1}^{j=+\infty} A_j(M, P)$$

dratique » :

(1) $$\boxed{K_n(M, P) \approx \sum_{ij} \gamma_{ij}(n)\, X_i(M)\, Y_j(P)},$$

où

$$\gamma_{ij}(n) = \int_V \int_V K_n(M, P)\, X_i(M)\, Y_j(P)\, dM\, dP$$

avec

$$\int_V \int_V [K_n(M, P)]^2\, dM\, dP = \sum_{ij} [\gamma_{ij}(n)]^2.$$

On voit alors que l'*intervention de n dans l'expression* (1) *de* $K_n(M, P)$ *est reléguée dans les termes* $\gamma_{ij}(n)$ INDÉPENDANTS DE M ET DE P.

Il reste à calculer ceux-ci. Or en posant

$$\alpha_{ij}(n) = \sqrt{\mu_i \mu_j}\, \gamma_{ij}(n+1),$$

on s'assure que l'on a

(2) $$\boxed{\alpha_{ij}(n+p) = \sum_k \alpha_{ik}(n)\, \alpha_{kj}(p).}$$

De sorte que *le calcul, en fonction de n, des noyaux* $K_n(M, P)$ dépendant aussi de deux *variables continues* M, P et vérifiant la relation d'itération

(3) $$K_{n+p}(M, P) = \int_V K_n(M, Q)\, K_p(Q, P)\, dQ,$$

se trouve ramené au calcul en fonction de n des quantités itérées $\alpha_{ij}(n)$ dépendant, en outre de n, de deux *indices entiers positifs i* et j et vérifiant une *relation d'itération* (2) en tout point *semblable à la relation* (3), mais où l'intégration est remplacée par la sommation.

Les $\alpha_{ij}(n)$ peuvent être calculés de proche en proche par la relation (2) en partant des valeurs des $\alpha_{ij}(1)$, à savoir

$$\alpha_{ij}(1) = \frac{1}{\sqrt{\mu_i \mu_j}} \int_V X_i(M)\, Y_j(M)\, dM.$$

---

quand on a

$$\lim_{p \to \infty} \int_V \int_V \left[H(M, P) - \sum_{j=1}^{j=p} A_j(M, P) \right]^2 dM\, dP = 0.$$

Et nous dirons que $\sum_{j=1}^{j=n} A_j(M, P)$ converge vers H(M, P) en double moyenne quadratique.

Mais, on connaît déjà l'expression de $\alpha_{ij}(n)$ en fonction de n quand K est de rang fini [c'est-à-dire quand les équations (2) sont en nombre fini et comportent des sommes d'un nombre fini de termes] : c'est la somme d'un nombre fini de produits d'exponentielles par des polynomes (en n). [Dans le cas où K est de rang infini, l'expression de $\alpha_{ij}(n)$ en fonction de n se traduira par une série].

Les résultats précédents sont au moins valables dans le cas classique où V est borné et K(M, P) continu sur V. La généralisation à des cas plus étendus, la détermination de cas où le développement (1) de K_n converge aussi uniformément sur V, la réalisation des calculs sur des exemples particuliers, l'étude de la relation d'itération (2), etc., forment l'objet d'un Mémoire détaillé qui sera publié ailleurs.

La théorie des probabilités en chaîne fournit une application importante de l'étude des relations d'itération (2) et (3).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équivalence de deux problèmes extrémales.* Note de M. J. **Geronimus**, présentée par M. Hadamard.

Désignons par $\Phi_n(\vartheta)$ le polynome trigonométrique donné d'ordre n

$$\Phi_n(\vartheta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty}(a_k \cos k\vartheta + b_k \sin k\vartheta); \tag{1}$$

soit $\Phi^*(\vartheta)$ la fonction qui s'écarte le moins de zéro dans $(0, 2\pi)$ parmi toutes les fonctions sommables dont les $2n+1$ premiers coefficients a_0, a_1, b_1, ..., a_n, b_n du développement en série de Fourier sont donnés [1]

$$\Phi^*(\vartheta) = \Phi_n(\vartheta) + \sum_{k=1}^{\infty}[A_{n+k}\cos(n+k)\vartheta + B_{n+k}\sin(n+k)\vartheta]. \tag{2}$$

Soit $P_n(\vartheta)$ un polynome trigonométrique quelconque d'ordre $\leqq n$ et posons pour la brièveté

$$\Omega(\Phi_n, P_n) = \frac{\int_0^{2\pi}\Phi_n(\vartheta)P_n(\vartheta)\,d\vartheta}{\int_0^{2\pi}|P_n(\vartheta)|\,d\vartheta} = \Omega(\Phi^*, P_n). \tag{3}$$

---

(1) N. Achyeser et M. Krein, *Communications de la Societé mathématique de Kharkoff*, 4e série, 9, 1934, p. 9-28.

Considérons les deux problèmes suivants :

A. *Trouver le polynome* $\overline{P}_n(\vartheta)$ *qui réalise le maximum de* $\Omega(\Phi_n, P_n)$ *et cette valeur maximale* (1).

B. *Trouver la fonction* $\Phi^*(\vartheta)$ *et son écart de zéro* [*loc. cit.* (p. 1010), § 3-4].

Le but de cette Note est de démontrer que ces deux problèmes sont équivalents et que

$$\Phi^*(\vartheta) = \text{const. sgn}\, \overline{P}_n(\vartheta). \tag{4}$$

I. *Supposons le problème* B *résolu* (2) :

$$\Phi^*(\vartheta) = L\, \text{sgn}\, P_n^*(\vartheta); \tag{5}$$

alors

$$\Omega(\Phi_n, P_n) = \Omega(\Phi^*, P_n) \leqq L = \Omega(\Phi_n, P_n^*); \tag{6}$$

donc, *le polynome* $\overline{P}_n(\vartheta)$ *qui réalise le maximum dans le problème* A *se confond avec* $P_n^*(\vartheta)$.

II. *Supposons maintenant le problème* A *résolu* (3) :

$$\Omega(\Phi_n, P_n) = \Omega(\Phi^*, P_n) \leqq L = \Omega(\Phi_n, \overline{P}_n). \tag{7}$$

Les conditions d'extremum de (3) nous donnent

$$L\, \text{sgn}\, \overline{P}_n(\vartheta) = \Phi_n(\vartheta) + \sum_{k=n+1}^{\infty} (a_k \cos k\vartheta + b_k \sin k\vartheta). \tag{8}$$

Par conséquent l'écart minimal de zéro L_1 de la fonction cherchée $\Phi^*(\vartheta)$ ne peut dépasser L :

$$|\Phi^*(\vartheta)| \leqq L_1 \leqq L. \tag{9}$$

La supposition $L_1 < L$ donnerait

$$\Omega(\Phi^*, P_n) = \Omega(\Phi_n, P_n) \leqq L_1 < L = \Omega(\Phi_n, \overline{P}_n), \tag{10}$$

ce qui est impossible.

---

(1) Voir J. GERONIMUS, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2221.

(2) *Loc. cit.* (p. 1010), p. 20-23; $P_n^*(\vartheta) = U_p(z)\, V_p(z) Z^{-p}$; $Z = e^{i\vartheta}$, $p \leqq n$.

(3) On peut démontrer facilement que le polynome $\overline{P}_n(\vartheta)$ existe et est unique.

Du reste nous avons

$$\int_0^{2\pi} \{\mathrm{L}\,\mathrm{sgn}\,\overline{\mathrm{P}}_n(\mathfrak{S}) - \Phi^*(\mathfrak{S})\}\,\overline{\mathrm{P}}_n(\mathfrak{S})\,d\mathfrak{S} = 0; \tag{11}$$

puisque la fonction sous l'intégrale est non négative, il s'ensuit que *la fonction cherchée* $\Phi^*(\mathfrak{S})$ *se confond avec* $\mathrm{L}\,\mathrm{sgn}\,\overline{\mathrm{P}}(\mathfrak{S})$ *presque partout.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance en un point singulier.* Note [1] de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

Appelons M un point intérieur, M_0 un point frontière d'un domaine E de l'espace euclidien R_n et P un point d'un ensemble F, déduit par composition d'un ensemble G compact en soi, à métrique bornée et d'un axe indéfini $u'u$; un tel F sera dit *cylindrique parallèlement* à $u'u$ [2]. Pour distance de deux points de F, prenons la distance de leurs projections sur G, augmentée de la distance de leurs projections sur $u'u$; alors $|u|$ est un infiniment grand équivalent à la distance de P à un point fixe de F. Au point de vue de la croissance, l'étude d'une correspondance $P = \Lambda(M)$ équivaut à celle du champ scalaire $u(M)$.

Changeons l'étalonnage de la partie E_{M_0} de E avoisinant M_0 de manière que E_{M_0} apparaisse comme une nappe infinie de variété abstraite sur laquelle $u(M)$ *devienne*, soit *uniformément continue*, soit, plus spécialement, à *pente bornée*. Comparées à la métrique initiale de E_{M_0}, les particularités des étalonnages adaptés à l'une de ces conditions renseigneront sur la croissance de $u(M)$. Nous partirons des deux énoncés suivants ($n = 1$) :

(T_1). *Toute fonction réelle de la variable* x, *uniformément continue pour* $x > 0$, *a sa valeur absolue majorable, sur cette demi-droite, par des fonctions linéaires* $Ax + B$.

(T_2). *L'égale continuité dans l'intervalle fermé* (a, b) *des fonctions* $f(x+h_i)$, *où la suite croissante des* h_i *est telle que les intervalles fermés* $(a + h_i, b + h_i)$ *recouvrent une demi-droite, équivaut à l'uniforme continuité de* $f(x)$ *sur cette demi-droite.*

(T_1) montre comment, pour une certaine métrique, l'uniforme continuité détermine une majoration; et (T_2), comment peut être invoquée,

---

[1] Séance du 5 novembre 1934.

[2] Cf. G. Bouligand, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 819.

dans le même but, l'égale continuité de familles de fonctions. Les énoncés de ce dernier genre pourront se réduire à une forme directe, d'après conditions n'affectant que $u(M)$, dans un sens fixé par (T_2).

Prenant pour $E+M_0$ un domaine dont chaque M est déterminé par $M_0M=r$ et par la trace N de M_0M sur la sphère unitaire S de centre M_0, posant $r=e^{-x}$, nous substituons à l'ensemble ouvert décrit par $M=(N, r)$ un cylindre abstrait décrit par (N, x) et déduit par composition de S et de Ox [1]. Sous une forme invariante par $la(t.r)_1$, distinguons le cas où M_0 est *pôle* de $u(M)$, ayant convenu que de u_1 et u_2, cela se transmet à u_1u_2. Cela nécessite l'uniforme continuité de $\log|v|$ pour $\lim(v:u)=1$, d'où, pour $\log|v|$, d'après (T_1), une majoration en fonction linéaire de $\log(r_0:r)$, d'où pour u, une majoration en $(r_0:r)^k$. Mais cela sous-entend que l'oscillation de u reste bornée sur S, pour chaque x. Pour rendre l'annulation de u pour $x>x_0$ compatible avec l'uniforme continuité de $\log(1+|u|)$, il suffit d'étalonner le cylindre en donnant à la section x une métrique dont l'unité de longueur, seule variable, est proportionnelle à $e^{-gx}=r^g$ avec $g\geqq k$. La majoration précédente de $|u|$ résulte ainsi d'une hypothèse pouvant être énoncée sous la forme suivante, INVARIANTE PAR $(t.r)_1$: *possibilité de majorer* $M'M'':(OM)^{g+1}$ *pour en déduire une majoration uniforme arbitrairement petite de l'accroissement de* $\log(1+|u|)$ *entre* M' et M''. En pareil cas, M_0 sera dit UN PÔLE. Au lieu d'invoquer la continuité uniforme de $\log(1+|u|)$, il équivaut de recourir, dans une couche sphérique C_0 de centre M_0, à l'égale continuité des fonctions obtenues comme suit : couvrant E_{M_0} par une suite C_i de couches homothétiques de C_0 et, pour M_i image de M dans l'homothétie $(C_0\to C_i)$, posant $u_i(M)=u(M_i)$, les fonctions annoncées sont $\{u_i(M):\max_{C_0}|u_i|\}$. C'est ma notion d'*égale continuité relative*, appliquée en substituant à la surface sphérique de mes recherches citées [2] le volume d'une couche sphérique. Pour les fonctions harmoniques, cette substitution indiffère. — On traite parallèlement le cas où M_0, point frontière non isolé de E, est accessible par un domaine conique W de som-

---

(1) L'uniforme continuité sur le cylindre est conservée par les translations parallèles à $x'x$, transmuées des homothéties de centre M_0 dans la figure initiale.

(2) G. BOULIGAND, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 705. Le fait pour un champ scalaire d'avoir un pôle en M_0 est invariant non seulement par les opérations de $(t.r)_1$ conservant M_0, mais aussi par celles d'un groupe plus étendu, obtenu en adjoignant au précédent les *potenties*, transformations qui dans la figure initiale conservent chaque demi-droite issue de M_0 et échangent entre elles les sphères centrées en ce point, r étant remplacé par λr^q (ce qui correspond à une opération linéaire faite sur x).

met M_0. Le sujet s'étend par l'étude de circonstances invariantes par $(t.r)_1$: fait pour u que deux de ses équivalents par $(t.r)_1$, avec M_0 fixe, restent dans un rapport borné; existence dans W d'une fonction $v(M)$ homogène, échangeable avec $u(M)$ pour la recherche d'une limite de $u(M'):u(M'')$ quand M', M'' tendent vers O sans demi-tangente autre que OT' pour M', OT'' pour M'', tandis que M'M'' donne une paratingente unique, etc.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Cas où une direction de Borel d'une fonction entière $f(z)$ d'ordre fini est aussi direction de Borel pour $f'(z)$.* Note de M. A. Rauch, présentée par M. Émile Borel.

I. *Si une direction* D *d'ordre réel moyen* $\lambda > 0$ *d'une fonction entière $f(z)$ est en même temps d'ordre réel $< \lambda$ pour $f(z) - a$,* D *est aussi une direction d'ordre réel moyen λ pour $f(z)$* (¹).

Soient O un point d'un cercle de remplissage Γ de la direction D et C un cercle de centre O contenant Γ. On a, si $f(0) \neq x$,

$$\begin{aligned} n\left(C;\frac{1}{f-x}\right)\log 2 &\leqq N\left(2C;\frac{1}{f-x}\right) \leqq T\left(2C;\frac{1}{f-x}\right) \\ &= T(2C;f-x)+\log\left|\frac{1}{f(0)-x}\right| \\ &\leqq T(2C;f)-\overset{+}{\log}|f(0)|+\log\left|\frac{1}{f(0)-x}\right| \\ &\quad +\overset{+}{\log}|f(0)|+\overset{+}{\log}|x|+\log 2, \end{aligned}$$

d'où, en supposant la distance sphérique de $f(0)$ et x supérieure à $1/4$,

$$n\left(2C;\frac{1}{f-x}\right)\log 2 \leqq T(2C;f)-\overset{+}{\log}|f(0)|+\text{const.} \tag{1}$$

Il y a toujours des x de ce genre, car nous sommes dans un cercle de remplissage. Par conséquent

$$T(2C;f)-\overset{+}{\log}|f(0)|$$

est d'ordre $\geqq \lambda$ *quel que soit* O intérieur à Γ.

(¹) Pour ces directions, voir M. Valiron, *Ann. di Mat.*, 2, 1931, p. 273-285.

Passons à la dérivée; on a

$$(2)\qquad m\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f-x}\right)\leqq m\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f'}\right)+m\left(2\mathrm{C};\frac{f'}{f-a}\right).$$

Or, d'après M. R. Nevanlinna [1], si $r=$ rayon de C, $f(0)\neq a$, $r<\mathrm{R}$,

$$(3)\qquad m\left(2\mathrm{C};\frac{f'}{f-a}\right)\leqq 24+3\overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f(\mathrm{O})-a)}\right|+2\overset{+}{\log}\frac{1}{2r}$$
$$+4\overset{+}{\log}2\mathrm{R}+3\overset{+}{\log}\frac{1}{2\mathrm{R}-2r}+4\overset{+}{\log}\mathrm{T}(2\mathrm{R};f-a).$$

D'ailleurs

$$(4)\qquad m\left(\frac{1}{f-a}\right)=\mathrm{T}(f-a)-\mathrm{N}\left(\frac{1}{f-a}\right)-\log|f(\mathrm{O})-a|$$
$$\geqq\mathrm{T}(f)-\overset{+}{\log}|f(\mathrm{O})|-\mathrm{N}\left(\frac{1}{f-a}\right)-2\overset{+}{\log}|a|-2\log 2.$$

Donc en tenant compte de (1), (2), (3), (4),

$$n\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f-x}\right)\log 2-\mathrm{N}\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f-a}\right)$$
$$\leqq m\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f'}\right)+2\overset{+}{\log}|a|+3\overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f(\mathrm{O})-a}\right|+\text{const.}$$
$$+2\overset{+}{\log}\frac{1}{2r}+4\overset{+}{\log}2\mathrm{R}+3\overset{+}{\log}\frac{1}{2\mathrm{R}-2r}+4\overset{+}{\log}\mathrm{T}(2\mathrm{R};f).$$

Il y a évidemment des points O extérieurs aux cercles de Boutroux-Cartan de $f=a$ et pour lesquels $|f(\mathrm{O})-a|<1$; on a alors

$$\mathrm{N}\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f-a}\right)<\text{const.}\,n\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f-a}\right),$$

ce qui entraîne

$$m\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f'}\right)>\text{const.}\,n\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f-x}\right)-\text{const.}\,n\left(2\mathrm{C};\frac{1}{f-a}\right)-\text{const.}$$

Si donc le premier terme du second membre emporte, on voit que sur la circonférence $2\mathrm{C}$ il y a un point P au moins pour lequel $f'(\mathrm{P})$ est très petit. On peut choisir r de façon que P soit extérieur aux cercles de Boutroux-Cartan de $f'(f'-1)=0$. Soit Q un point extérieur aux mêmes cercles et tel que $f'(\mathrm{Q})$ soit d'ordre $\geqq\lambda$ (il y en a une infinité). On en

---

[1] *Le théorème de Picard-Borel*, Paris, p. 61.

déduit d'après une méthode de M. Valiron (1) l'existence dans les environs de la droite PQ d'un centre de cercle de remplissage d'ordre $\geq \lambda$ pour $f'(z)$.

En suivant une méthode que j'ai employée ailleurs (2) on voit de même que :

II. *Si une fonction* D *d'ordre réel moyen* $\lambda > 0$ *de divergenge d'une fonction entière* $f(z)$ *est en même temps d'ordre réel* λ *de convergence pour* $f(z) - a$, D *est aussi une direction d'ordre réel moyen* λ *de divergence pour* $f'(z)$.

En particulier :

III. *Si une direction entière* $f(z)$ *d'ordre fini* ρ *admet une valeur exceptionnelle de Picard ou de Borel, les directions de Borel d'ordre* ρ *de* $f(z)$ *sont aussi directions de Borel d'ordre* ρ *pour* $f'(z)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les domaines de méromorphie.* Note de M. **P. Thullen**, présentée par M. Gaston Julia.

Nous nous plaçons dans l'espace de deux variables complexes

$$w = u + iv, \qquad z = x + iy.$$

Rappelons qu'un domaine est dit *domaine d'holomorphie* si c'est le domaine total d'existence d'une fonction holomorphe; on définit de même les *domaines de méromorphie*. On sait que tout domaine d'holomorphie est un domaine de méromorphie (3), mais on ignore si la réciproque est vraie.

Mais bornons-nous aux *domaines de Reinhardt*, c'est-à-dire aux domaines qui admettent le groupe de transformations, à deux paramètres réels θ_1 et θ_2,

$$w' = w\, e^{i\theta_1}, \qquad z' = z\, e^{i\theta_2},$$

et qui contiennent le centre $w = z = 0$. On connaît le théorème :

Pour qu'un domaine de Reinhardt D *soit un domaine d'holomorphie, il*

---

(1) Déjà cité.

(2) *Bull. Soc. math.*, **61**, 1933, p. 246-252.

(3) Voir H. Cartan-Thullen, *Math. Annalen*, **106**, 1932, p. 617-647, notamment page 634.

faut et il suffit qu'il soit « convexe » (¹) *par rapport à la famille des hyperboles*

$$|w|^{\alpha} . |z|^{\beta} = c \qquad (\alpha, \beta, c > 0).$$

Nous dirons brièvement : « D *est convexe-hyperbolique* ».

Une étude plus approfondie de cette convexité montre qu'elle caractérise non seulement les domaines d'holomorphie (de Reinhardt), mais encore les *domaines de méromorphie* (de Reinhardt). On a, en effet, le théorème :

Théorème 1. — *Pour qu'un domaine de Reinhardt soit un domaine de méromorphie, il faut et il suffit qu'il soit convexe-hyperbolique.*

On en déduit aussitôt :

Corollaire. — *Si un domaine de Reinhardt est un domaine de méromorphie, c'est aussi un domaine d'holomorphie.*

Cette proposition est en rapport étroit avec la suivante, plus importante encore :

Théorème 2. — *Si un domaine de Reinhardt* D *est pseudo-convexe, — c'est-à-dire si à chaque point frontière* Q *on peut associer un morceau de variété analytique* $g_Q(w, z) = 0$ *passant par* Q [g_Q étant holomorphe dans un voisinage U(Q) du point Q], *et cela de façon que le domaine commun à* D *et* U(Q) *ne contienne aucun point de cette variété, — alors* D *est un domaine d'holomorphie.*

Ce théorème (ainsi que le corollaire du théorème 1) n'était démontré, jusqu'à présent, que dans le cas où la frontière de D peut se mettre (localement) sous la forme $f(u, v, x, y) = 0$, f admettant des dérivées partielles continues des deux premiers ordres. Si un tel domaine est pseudo-convexe, f satisfait à l'inégalité différentielle de E. E. Levi, qui, dans le cas d'un domaine de Reinhardt, se confond (²) avec la propriété fondamentale des rayons de convergence associés d'une série entière à deux variables (Hartogs).

Les domaines de Reinhardt forment ainsi la première classe de domaines

(¹) *Loc. cit.*, p. 641. On trouvera plus de détails et des indications bibliographiques dans l'exposé : Behnke-Thullen, *Ergebnisse der Math. und Grenzgeb.*, III$_3$, 1934, Berlin; voir Chap. III, § 1, et Chap. IV, § 3. Ajoutons qu'un travail récent de MM. Behnke et Peschl, qui paraîtra bientôt, contient de nouvelles recherches sur ce genre de questions.

(²) Voir, par exemple, Julia, *Acta mathematica*, **47**, 1926, p. 53-115. Voir aussi, dans le livre de Behnke-Thullen cité plus haut, les pages 54-55.

pour lesquels on sait démontrer que la pseudo-convexité (locale) est une condition suffisante pour qu'ils soient domaines d'holomorphie, sans faire la moindre hypothèse restrictive sur la frontière.

Le théorème 2 entraîne aussi la conséquence intéressante que voici :

Si B *désigne un domaine pseudo-convexe situé à distance finie, et* M *un point quelconque intérieur à* B, *le plus grand domaine de Reinhardt qui a* M *pour centre et est intérieur à* B *est un domaine d'holomorphie.*

La réciproque est-elle vraie? C'est là une question à laquelle il semble difficile de répondre. Si l'on pouvait conclure par l'affirmative, le problème de Levi se trouverait résolu dans toute sa généralité.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une nouvelle méthode d'investigation d'un écoulement au voisinage immédiat des parois par auto-inscription des filets fluides.* Note [1] de M. L. **Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

Dans le but d'étudier les particularités de l'écoulement d'un liquide au voisinage immédiat d'une paroi, j'ai été amené à chercher une méthode d'investigation qui ne produise aucune perturbation spécifique susceptible de se superposer à l'écoulement général. J'ai donc éliminé *a priori* l'emploi :

1° de surfaces enduites d'une couche relativement mince d'une substance appropriée et sur lesquelles doit se graver l'écoulement;

2° de surfaces saupoudrées d'une matière dont les grains s'orientent plus ou moins parallèlement aux filets fluides en formant des spectres.

Une perturbation parasite peut en effet prendre naissance au voisinage d'une paroi ainsi modifiée, s'amplifier et se continuer dans tout le domaine à étudier détruisant ou déformant le phénomène principal. Le risque en sera particulièrement grand puisque, au voisinage des parois, le gradient de vitesse est considérable.

Aussi me suis-je attaché à rechercher l'inscription automatique de la trace de l'écoulement sur une paroi solide sans modifier son état physique.

La méthode consiste à rendre *les parois sensibles à l'action des filets fluides* grâce à une réaction chimique qui amènera un changement de couleur de la surface sensibilisée tout en laissant intact son état physique.

Des essais variés m'ont conduit à utiliser la réaction de l'iode sur l'argent

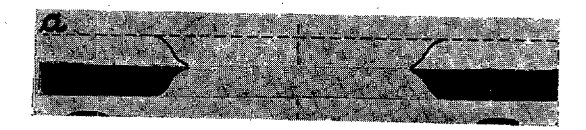
---

[1] Séance du 29 octobre 1934.

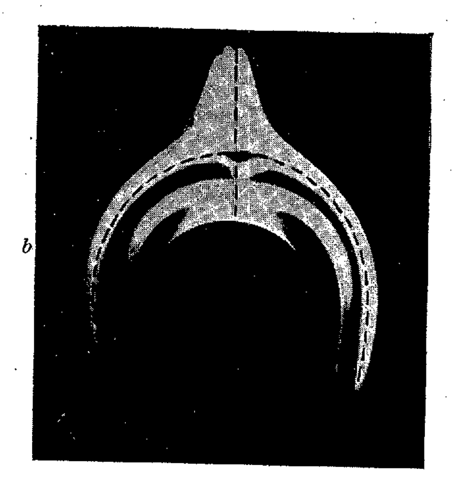
métallique : la paroi est recouverte d'une mince pellicule d'argent réduit de couleur noire (gélatino-bromure d'argent exposé et développé), et les filets sont constitués d'une solution d'iode dans l'iodure de potassium. L'argent réduit sera dissous par l'iode des filets passant près de la paroi, et ceux-ci laisseront une trace blanche sur tout leur parcours; l'expérience terminée, on dissoudra l'iodure formé dans l'hyposulfite de sodium. La surface ainsi traitée reste parfaitement lisse à la définition du grain près.

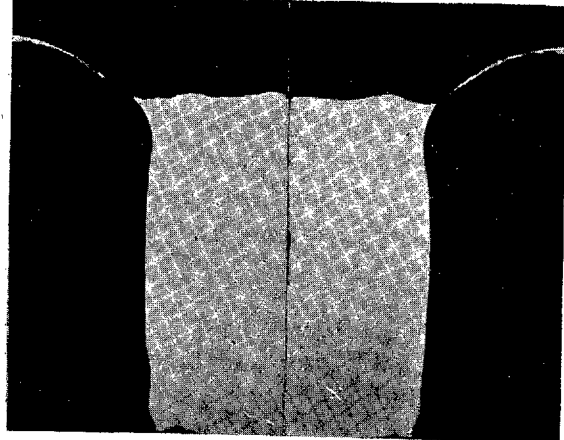
Voici quelque résultats obtenus avec la méthode de l'iode.

1° *Écoulement au voisinage d'un cylindre placé entre deux glaces parallèles.* — On connaît le curieux phénomène des enroulements prenant naissance en amont d'un tel obstacle (1) et l'on sait également que le décollement se fait suivant un processus fort compliqué (2). La méthode de l'iode m'a immédiatement fourni la forme de la



b





c

ligne de décollement : en injectant l'iodure dans le sillage de l'obstacle toute la partie correspondante de la surface latérale du cylindre sera décolorée.

La photographie (*a*) représente le développement de cette surface coupée suivant la génératrice de bifurcation amont. L'iode ayant seulement agi dans une demi-région du sillage, on ne voit que la moitié des lignes de décollement, l'autre moitié symétrique a été ajoutée. On remarquera la netteté frappante de la ligne de décollement,

---

(1) R. Thiry et L. Sackmann, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 759.

(2) L. Sackmann, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1716, et **197**, 1933, p. 898.

définissant ainsi un passage brusque et rigoureusement permanent de la région amont de l'obstacle à la région aval du sillage.

La photographie (*b*) montre l'écoulement au voisinage des glaces limitant le même cylindre. On connaît l'existence des plages [1] entourant le cylindre et engendrées par des filets fluides remontant le courant général. La méthode de l'iode m'a permis d'obtenir la forme géométrique exacte de ces plages, mais elle m'a fourni en outre des renseignements nouveaux quant à la structure de l'écoulement au voisinage de ces régions : on remarque une série de courbes concentriques partageant les plages en autant de zones distinctes. Il est permis de conclure que le gradient des vitesses dans les dernières pellicules fluides de la couche limite obéit à des lois variant avec l'endroit de la plage. Des nouvelles expériences pour élucider cette question sont en cours.

2. *Écoulement au voisinage d'une maquette de pile de pont.* — La photographie (*c*) est l'analogue de la photographie (*a*), mais l'obstacle est un cylindre circulaire dans un écoulement à niveau libre de 6^{cm} d'épaisseur.

On peut remarquer comme précédemment la netteté de la ligne de décollement, sa partie rectiligne vers les régions centrales, sa déformation à la surface libre et près du fond du canal. Un filet d'iodure émis en amont de l'obstacle et tout près du niveau libre a inscrit très nettement la ligne de stagnation sur la pile de pont.

La méthode de l'iode est donc un moyen précieux d'investigation. Elle constitue aussi une méthode de mesure très précise par exemple pour l'étude des angles de décollement. Elle peut être utilisée facilement pour l'étude d'obstacles plus compliqués et être d'un emploi intéressant pour l'étude des surfaces rugueuses ou de certains phénomènes non permanents, mais présentant par leur périodicité une certaine régularité telle que le mécanisme de décollement.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude photométrique de l'éclat de l'amas d'étoiles* M. 13. Note de MM. **Constantin Sălceanu** et **Călin Popovici**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'étude photométrique des astres ayant un diamètre apparent peut se faire suivant une méthode proposée par Ch. Fabry [2] et destinée en premier lieu à la mesure de l'éclat intégral du ciel étoilé. Quoique reconnue comme la meilleure méthode photographique pour l'étude de l'éclat des nébuleuses et des amas d'étoiles, nous ne lui connaissons aucune application dans ce but.

---

(1) R. Thing et L. Sackmann, *loc. cit.*

(2) *Astrophysical Journal*, 31, 1910, p. 394-403.

Nous avons appliqué la méthode de Fabry à l'Observatoire de Bucarest pour déterminer la grandeur photographique et photo-vizuelle de l'amas M.13 afin de vérifier sa précision, en vue d'une étude photométrique systématique de ces astres. L'instrument employé est l'équatorial Prin de l'Observatoire, de 38^{cm} de diamètre et 6^{m} de distance focale. L'oculaire est composé d'un triplet achromatique commandé spécialement en vue de cet emploi. Les étoiles de comparaison ont été photographiées à l'aide d'un diaphragme circulaire de 2^{mm} de diamètre, tandis que l'amas avec un diaphragme de 14^{mm} de diamètre, correspondant sur le ciel à 8'. Pour déterminer la grandeur photo-visuelle, nous avons employé un écran jaune G.G.11 Zeiss, transparent à partir de 500$^{m\mu}$ et qui vers 644$^{m\alpha}$ laisse passer encore 0,92 de lumière incidente. Nous avons utilisé en même temps les plaques panchromatiques Agfa Superpan, sensibles juqu'au delà de 670$^{m\mu}$.

Tant l'amas que les étoiles de comparaison ont donné sur les plaques des images circulaires de 1^{mm},7 de diamètre, parfaitement identiques comme forme et homogènes comme noircissement. Nous devons faire une mention spéciale sur cet avantage de la méthode de Fabry. Ces images peuvent être mesurées au microphotomètre (Moll), ce qui n'était pas possible pour les images dues à la méthode de la chambre à court foyer.

Nous avons fait six mesures de grandeur photographique, dans l'intervalle 31 août-7 octobre. Nous indiquerons seulement celle du 30 septembre, et pour les trois grandeurs photo-visuelles (1, 5, 7 octobre) celle du 5 octobre.

Astre.	Distance zénithale vraie.	Grandeur d'étoiles corrigée.	Valeur au microphotomètre.	Grandeurs brutest.	Corrigé d'absorpt.	Correction prov.	Grandeur déduite M.13.
		Grandeurs photographiques (30 septembre).					
3611 U...	39°6'	6,44	118	–	–	–	–
2574 U...	42.36	6,77	77	–	–	–	–
2610 U...	41.45	7,40	32	–	–	–	–
M.13....	55.2	–	90	6,69	6,39	–0,15	6,54
		Grandeurs photo-visuelles (5 octobre).					
6237 S...	33.35	4,88	144	–	–	–	–
6123 S...	52.25	5,73	66	–	–	–	–
M.13....	54.54	–	99	5,42	5,12	–0,15	5,27

Dans la deuxième colonne nous avons spécifié le nom des étoiles de comparaison d'après le catalogue d'Upsala (U) ou bien d'après Schlesinger (S). Dans la troisième colonne nous avons donné les distances

zénithales vraies, qui ont servi à déterminer l'absorption atmosphérique, en employant les tables de Wirtz. La quatrième colonne comprend les grandeurs des étoiles de comparaison, corrigées pour l'absorption atmosphérique et la reduction des grandeurs visuelles du catalogue Schlesinger à l'échelle photo-visuelle. Les lectures au microphotomètre se lisent dans la cinquième colonne.

Tant l'amas que les étoiles de comparaison ont été photographiés avec le même temps de pose de 5 à 7 minutes pour les grandeurs photographiques et de 15 à 20 minutes pour les grandeurs photo-visuelles. Par interpolation, nous avons déduit l'éclat brut de l'amas M.13 (6ᵉ colonne). Si nous exceptons la mesure du 17 septembre viciée par la présence de la Lune au-dessus de l'horizon, toutes les autres valeurs sont toutes rapprochées. Les grandeurs photographiques brutes oscillent entre $6^m,65$ et $6^m,74$, ayant comme moyenne $6^m,70$. La grandeur photographique intégrée de cet amas est d'après Vyssototsky-Williams $6^m,7$. Cette valeur brute peut être interprétée comme une compensation de l'absorption avec la luminosité de l'atmosphère.

Nous avons essayé de déterminer l'effet de la luminosité de l'atmosphère, en photographiant la même étoile à l'aide de deux diaphragmes différents et en choisissant l'étoile aussi isolée que possible de ses voisines pour empêcher leurs images de pénétrer dans les diaphragmes trop grands. Sur le cliché du 7 octobre nous avons obtenu pour l'étoile 6388 S une différence d'éclat de $0^m,13$, la moitié de la valeur de l'absorption d'après Wirtz. Nous avons calculé la correction provisoire des grandeurs brutes en considérant que la luminosité du ciel compense la moitié de l'absorption atmosphérique. Le résultat obtenu est $6^m,59$ (9ᵉ colonne, valeur moyenne). La différence de $0^m,11$ met en discussion l'erreur qui pouvait provenir de la dissymétrie de l'emploi de deux diaphragmes différents, erreur d'autant plus grande que la lumière diffuse de l'atmosphère est plus grande. Il est donc nécessaire de déterminer la correction de luminosité pour chaque cas, afin d'obtenir une valeur définitive. Dans des grandes limites la marche de cette correction paraît être parallèle à celle de l'absorption atmosphérique.

La grandeur photo-visuelle obtenue est $5^m,13$ et dans le cas d'une compensation de l'effet d'absorption avec la luminosité, $5^m,37$, qui donne comme indice de couleur les valeurs 1,46 et 1,37, correspondant au type spectral K, en discordance avec la valeur de Vyssototsky-Williams, qui donnent la valeur $0^m,68$, désaccord expliqué par la différence des écrans et des plaques employées.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les lois de l'évaporation.*
Note de M. **Missenard-Quint**, présentée par M. L. Lecornu.

Les lois quantitatives de l'évaporation d'un liquide, et de l'eau en particulier, à la surface d'un corps quelconque, semblent ne pas avoir fait l'objet de nombreuses recherches expérimentales.

I. On sait qu'en considérant la surface de séparation S d'un liquide qui s'évapore et de l'atmosphère ambiante immobile, on est conduit, par des considérations d'analogie avec le phénomène de l'écoulement des fluides à faible vitesse et la diffusion des solutions, à prendre comme hypothèse initiale en atmosphère immobile la relation

$$\frac{\partial p_1}{\partial z} = \mathrm{AV}\rho_1\rho_2,$$

où $\partial p_1/\partial z$ désigne le gradient de la pression du fluide dans la direction de la normale à la surface, V la vitesse de diffusion, ρ_1 le poids spécifique de la vapeur, ρ_2 le poids spécifique de l'atmosphère ambiante, A une constante.

Cette hypothèse conduit à l'expression suivante de la masse de fluide évaporée, dans le temps dt, par l'élément de surface $d\mathrm{S}$, lorsque l'atmosphère ambiante est immobile

$$dm = -\mathrm{K}\frac{\partial p_1}{\partial z}\,d\mathrm{S}\,dt,$$

où

$$\mathrm{K} = \frac{1}{\mathrm{A}\rho_2}.$$

Des raisonnements, analogues à ceux de Fourier pour la chaleur, conduisent à l'équation différentielle suivante, lorsque l'atmosphère est animée des vitesses u, v, w,

$$\mathrm{B}\,\Delta p_1 = \frac{\partial p_1}{\partial t} + u\frac{\partial p_1}{\partial x} + v\frac{\partial p_1}{\partial y} + w\frac{\partial p_1}{\partial z},$$

B étant une constante.

Des considérations d'analogie avec les lois de convection conduisent à exprimer la masse d'eau évaporée (par unité de surface et dans l'unité de temps) de la façon suivante :

$$\mathrm{M} = \beta\frac{(\mathrm{F}-f)}{\mathrm{H}-\mathrm{F}}$$

en désignant par :

F la tension de la vapeur à la surface du corps,
f la tension de cette vapeur dans l'atmosphère ambiante,
H la pression propre de l'atmosphère,

où le coefficient β dépend, non seulement des caractéristiques de l'atmosphère ambiante, mais aussi de la vitesse relative du corps et de cette atmosphère, aux différents points de la surface, donc aussi de la forme et des dimensions du corps.

Cette vitesse peut être due à une cause étrangère, ou aux variations de densité de l'atmosphère ambiante.

II. Nous avons cherché à préciser les analogies entre la convection et l'èvaporation, et nous sommes arrivé, théoriquement et expérimentalement, à établir une relation entre le coefficient β défini précédemment, et le coefficient de convection α dans les mêmes conditions, défini par la relation

$$Q = \alpha(T - t),$$

Q étant la quantité de chaleur transmise,
T et t, les températures respectives de la surface du corps et de l'atmosphère ambiante.

Nous avons trouvé la relation $\beta \equiv \alpha\delta/C$ où δ est la densité de la vapeur, et C la chaleur spécifique à pression constante, de l'atmosphère ambiante.

Dans le cas de la vapeur d'eau s'évaporant dans l'air $\beta = 2,6\alpha$ le poids d'eau évaporée étant exprimé en kilogrammes, et la quantité de chaleur en grandes calories, les températures en degrés centigrades.

III. Les vérifications expérimentales ont été de diverses sortes :

1° constatation de la proportionnalité de l'évaporation et de la convection, lorsque la *vitesse* de l'air varie au contact du corps humide. En particulier constance de l'indication d'un thermomètre humide, protégé contre le rayonnement, lorsque *la vitesse de l'air varie et quelle que soit la forme du corps humide servant de thermomètre;*

2° mesures *directes de la quantité d'eau évaporée*, et comparaison avec les quantités de chaleur transmises par convection, déduite des lois expérimentales admises.

Pour conclure, il résulte de ces recherches, que l'on peut utiliser pour le calcul de l'évaporation, les coefficients de convection établis, dans ces cinquante dernières années, par Péclet en France, et les expérimentateurs allemands, en particulier Nüsselt, Rietschel et Reiher.

ÉLECTRICITÉ. — *Lois du dégagement d'électricité par torsion dans le quartz (strépho-électricité).* Note [1] de M. **Edgar Pierre Tawil**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'avais dans une précédente Note [2] signalé que la torsion d'un cylindre de quartz autour de son axe optique provoquait un dégagement d'électricité. Je viens aujourd'hui apporter des précisions sur les lois qui régissent ce phénomène.

Considérons un cylindre de quartz à base circulaire dont la génératrice est parallèle à l'axe ternaire du cristal :

1° Quand on exerce une torsion autour de cet axe, on obtient un dégagement d'électricité sur l'enveloppe du cylindre et un dégagement de signe opposé sur ses bases. Le dégagement qui se manifeste sur les bases a pour origine la région axiale du cylindre.

2° Si en effet on exerce la torsion sur un cylindre creux, les surfaces intérieures et extérieures se chargent respectivement de quantités d'électricité égales et de signes contraires. Les charges sont uniformément réparties.

3° Les signes du dégagement sont liés au sens de la torsion et au signe de la rotation optique du quartz. La surface extérieure du cylindre se charge d'électricité positive quand la torsion s'exerce dans le sens de sa rotation optique. La surface intérieure se charge d'électricité négative. Quand la torsion s'exerce dans le sens opposé, les signes du dégagement s'inversent. Quand on supprime le couple, le cristal, en reprenant sa position d'équilibre, dégage des charges de signes inverses qui annulent les charges primitives.

4° La quantité d'électricité dégagée est :

a, proportionnelle au moment du couple;

b, proportionnelle à la longueur du cylindre;

c, inversement proportionnelle à la surface de la couronne du cylindre creux.

La quantité du dégagement Q en valeur absolue est

$$Q = K\frac{CL}{\pi(R^2 - r^2)},$$

où K est une constante, L la longueur du cylindre, C le moment du couple.

---

(1) Séance du 5 octobre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1042.

J'ai trouvé que, pour un couple de 1 kg/cm, une longueur et une surface de couronne égales à l'unité

$$K = 0,12 \text{ u. e. s. C. G. S.}$$

Dans cette formule le dégagement est fonction, entre autres, de $\pi(R^2 - r^2)$, c'est-à-dire de la surface de la couronne; or, tout en maintenant cette surface constante, les valeurs que l'on peut assigner à R et r sont infinies. Dans ce cas, l'angle de torsion, les surfaces des enveloppes, l'épaisseur de la couronne, la capacité électrique variant en fonction des rayons, on peut se demander si K ne varie pas aussi. Cette variation, si elle existe, ne doit cependant pas être importante, car, dans la limite des dimensions que l'on peut pratiquement donner aux cylindres de quartz, elle passe inaperçue ou se confond avec les erreurs qui s'introduisent dans les mesures du dégagement. Ces erreurs, presque inévitables, proviennent notamment des macles que l'on arrive rarement à éliminer entièrement dans des cristaux de quartz un peu volumineux et de la difficulté de tailler des cylindres creux de révolution parfaite et exactement centrés.

Toutefois, lors de mes expériences qui ont porté sur des cylindres creux de différentes dimensions prélevés dans des cristaux droits et gauches presque purs, l'écart maximum des mesures du dégagement n'a pas dépassé 0,02.

Je tiens à ajouter que MM. Ny Tsi Ze et Tsien Ling Chao ont bien voulu dans une Note (1), confirmer ma Communication de 1928 en en reproduisant textuellement l'essentiel. Ils s'étonnent cependant de trouver une distribution inégale des charges sur l'enveloppe d'un cylindre plein soumis à la torsion. Ils ont trouvé que les charges sur la surface latérale étaient plus accusées aux extrémités que vers le milieu du cylindre. Cela est exact et s'explique par le fait que dans un cylindre plein on ne peut recueillir toutes les charges intérieures. Les charges dégagées sur la surface latérale ne peuvent qu'être égales à celles qui ont pu s'extérioriser de la région axiale. Cette extériorisation vers les bases s'effectue d'autant plus facilement que l'on se rapproche des extrémités. La forme rationnelle pour recueillir la totalité du dégagement est donc bien celle que j'avais préconisée dans ma Note précédente, c'est-à-dire le cylindre creux.

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1395.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mécanisme de la chloruration électrochimique du benzène.* Note [1] de M. **William Jeunehomme**, présentée par M. G. Urbain.

M. Jayles [2] signale qu'il est possible de chlorer le benzène par électrolyse en milieu méthylique. Nous avons trouvé que cette réaction résulte de deux phénomènes simultanés : *a*, une réaction de surface (produite vraisemblablement par les atomes de chlore), et *b*, une réaction homogène (produite par les molécules de Cl^2 dissoutes dans la solution).

Lorsqu'on électrolyse une solution d'acide chlorhydrique dans du méthanol contenant du benzène, on constate la présence du chlore libre dans l'anolyte. Lorsqu'on interrompt le courant, ce corps disparaît avec une vitesse V proportionnelle à sa concentration c,

$$(1) \qquad V = \frac{dc}{dt} = -kc,$$

où k est une constante et t le temps. Des essais sur des solutions de diverses concentrations nous ont permis de vérifier la formule (1) avec une exactitude de ± 2 pour 100. Une solution d'acidité 5,7 N contenant 43 pour 100 de benzène (en volume) par exemple a donné pour k à $20 \pm 1^\circ$ C. la valeur constante de 1,29 $(\text{heures})^{-1}$. Les catalyseurs (fer, iode) n'influencent pas la vitesse de réaction. Elle diminue par contre fortement si l'on diminue l'acidité.

Il est possible de calculer le poids p de chlore qui se trouverait dissous dans l'anolyte après une électrolyse de plusieurs heures si la réaction homogène (1) agissait seule. Les valeurs expérimentales ne concordent pas avec les valeurs calculées. Il faut donc admettre l'existence d'un autre processus qui est une réaction de surface. Dans la cellule d'électrolyse (*fig.* 1) (A est l'anode en platine, C la cathode en charbon), soit V le volume RB de l'anolyte et p le poids de Cl^2 qui s'y trouve après plusieurs heures d'électrolyse. Il est clair que le poids de Cl^2 qui entre dans V pendant un temps dt, diminué de celui qui quitte V par diffusion à travers la couche B ou par la réaction bomogène [dont la vitesse est donnée par l'équation (1)] est égal à l'accroissement de p soit $dp/dt\,dt$. L'expérience prouve que le poids qui diffuse à travers la couche B est négligeable quand $AB > 15^{cm}$.

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 686.

On a alors

$$(2)\qquad M(qi-a)=kp+\frac{dp}{dt},\qquad \text{d'où}\qquad p=Me^{-kt}\int_0^t e^{kt}(qi-a)\,dt$$

[M = poids atomique du chlore, q = coefficient de Faraday, i = intensité du courant et $k=1,29$ en vertu de l'équation (1) et $-a$ est le nombre de molécules qui réagissent sur la surface en 1 heure].

Sur la figure 2 nous avons tracé les courbes calculées en supposant

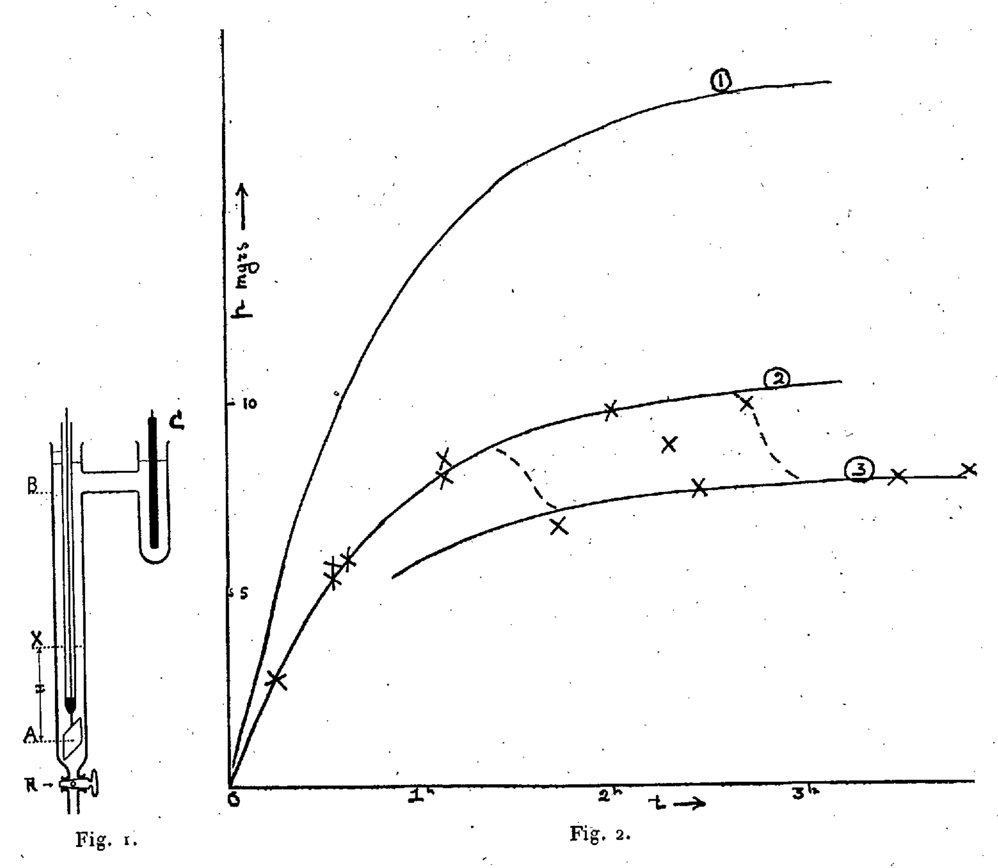


Fig. 1. Fig. 2.

que $a=0$ (courbe 1), $a=0,91\times10^{-3}$ mol/heure = const. (courbe 2) et $a=1,52\times10^{-3}$ (courbe 3) et nous avons porté les valeurs trouvées expérimentalement à l'aide de la solution étudiée plus haut, la densité du courant était 1 amp/dm². On voit que la courbe 1 n'est pas vérifiée. Il y a donc une réaction de surface. Lorsque $t<1^h45^m$, les points vérifient la courbe 2, donc la vitesse de la réaction de surface est constante et égale à $0,91\times10^{-3}$ mol/heure. Entre 1^h45^m et 2^h45^m, les résultats sont incer-

tains. Enfin, pour $t > 2^h 45^m$, a est égal à $1,52 \times 10^{-3}$. Une fraction des atomes de chlore déchargés par le courant réagissent donc sur la surface de l'électrode. Cette fraction augmente brusquement après environ 2 heures, ce qui correspond probablement à une diminution de l'énergie d'activation de la réaction ion Cl → Cl adsorbé.

Enfin le reste des atomes déposés forme les molécules Cl^2 qui diffusent dans la solution et y réagissent en suivant les lois des réactions homogènes.

Nous avons obtenu des résultats semblables avec des solutions contenant plus ou moins d'acide et de benzène. Toutes ces réactions donnent principalement du monochlorobenzène comme produit final. Le rendement du courant en C^6H^5Cl atteint 85 pour 100. Nous avons décelé de plus la présence de $C^6H^4Cl^2$, $C^6H^6Cl^6$ et de phénols chlorés.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le comportement cathodique des sels organiques de cuivre. Étude de l'électrolyse en fonction du temps.* Note de M. G. **Kravtzoff**, présentée par M. G. Urbain.

Pour compléter les observations antérieures ([1]) sur l'électrolyse des sels organiques de cuivre, des expériences ont été effectuées sur des solutions de formiate, d'acétate et de sulfate de cuivre, en opérant avec les densités de courant suivantes : 10, 50 et 500 m.A./dm². Les temps d'électrolyse s'échelonnaient de 15 minutes à 24 heures. Nous avons mesuré également à l'électrode de verre les pH des solutions avant et après l'électrolyse.

Tableau I (formiate de cuivre à 15g de Cu ‰, pH initial : 5,3).

D. C. en m.A./dm².		Durée d'électrolyse.				
		24h.	6h30m.	2h.	1h.	15min.
10.....	$Cu_{tot.}/Cu_{volt.}$	1,36	–	–	1,7	–
50....	$Cu_{tot.}/Cu_{volt.}$	1,36	1,4	1,4	1,6	–
	pH final	4,3	4,5	4,8	5,0	–
500....	$Cu_{tot.}/Cu_{volt.}$	1,15	1,23	1,28	1,3	1,3
	pH final	3,9	4,1	4,4	4,5	4,7

([1]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 137.

TABLEAU II (acétate de cuivre à 15g de Cu ‰, pH initial : 5,5).

D. C. en m.A./dm².		Durée d'électrolyse. 18h.	4h30m.	2h.	1h.	20min.
50	$Cu_{tot.}/Cu_{volt.}$	1,76	1,76	1,86	–	–
	pH final	5,1	5,5	5,5	–	–
500	$Cu_{tot.}/Cu_{volt.}$	1,31	1,46	1,48	1,52	1,54
	pH final	4,5	5,2	5,3	5,4	5,4

Les données portées dans les tableaux précédents montrent que la teneur en oxyde cuivreux (1) est d'autant plus grande que la durée d'électrolyse est plus courte; au fur et à mesure que l'électrolyse se prolonge, la proportion d'oxyde cuivreux et le pH diminuent. Ce phénomène s'explique en gros de la manière suivante : au début, la réduction du sel cuivrique est prédominante, mais l'hydrolyse du sel cuivreux formé donne de l'acide et de l'oxyde cuivreux qui se dépose à la cathode; la concentration en acide augmente de ce fait et favorise la décharge de l'ion cuivrique. Nous retrouvons ainsi les deux processus mentionnés par Foerster et Seidell, lors de l'électrolyse du sulfate de cuivre, à savoir :

$$Cu^{++} \rightarrow Cu^{+} + \oplus \xrightarrow{H^2O} Cu^2O \quad (1),$$
$$Cu^{++} \rightarrow Cu + 2\oplus \quad (2).$$

L'existence de ces deux mécanismes a été confirmée par l'étude des courbes potentiel cathodique-temps, faites au moyen d'un potentiomètre enregistreur Leeds et Northrup.

Les courbes présentent deux paliers dont le premier diminue au fur et à mesure que la densité de courant augmente. Dans la courbe se rapportant au formiate de cuivre et à une densité de courant de 10 m.A./dm², la longueur du premier palier correspond à une électrolyse d'une heure; nous avons alors fait, avec une solution identique, une électrolyse dans les mêmes conditions; nous avons trouvé un rapport Cu tot./Cu volt = 1,70 qui correspondrait approximativement à une teneur de 90 pour 100 en Cu^2O. Ceci implique que durant le premier palier le processus de réduction domine, mais que c'est la décharge de l'ion cuivrique qui est la réaction principale

(1) La teneur en Cu^{+} est approximativement le double de la différence entre le poids du cuivre total et le poids du cuivre déposé au voltamètre.

pour le deuxième palier; il s'ensuit que la proportion de Cu^2O diminue avec la durée de l'électrolyse.

Par contre, dans la courbe du sulfate de cuivre (solution de même concentration en Cu que celle du formiate), nous n'avons pas ces deux paliers. Or, nous savons que de telles solutions donnent pratiquement peu de Cu^2O à froid.

Nous avons pu montrer que la formation de Cu^2O était un phénomène *purement cathodique* de la manière suivante : nous avons mis en série deux cellules électrolytiques et un voltamètre à cuivre; dans l'une des cellules, le compartiment cathodique était séparé du compartiment anodique par un vase poreux entouré de cellophane; après l'électrolyse, les poids des dépôts étaient égaux entre eux et supérieurs au poids du cuivre recueilli au voltamètre, ce qui exclut un transport de Cu^2O de l'anode vers la cathode.

OPTIQUE. — *Nouvelle méthode d'analyse spectrale des courbes non périodiques.* Note (1) de M. **M. Lévy**, présentée par M. Brillouin.

J'ai démontré (2) que toutes les méthodes d'analyse harmonique (par le calcul, à l'aide d'analyseurs mécaniques, etc.) pouvaient s'appliquer à l'analyse spectrale (spectre des intensités) des courbes n'ayant pas de périodicité apparente : il suffit de faire l'analyse harmonique pour quelques tranches égales de la courbe (5 à 6 en général) réparties au hasard, et de prendre la moyenne des intensités pour chacune des composantes harmoniques ainsi obtenues; ces valeurs définissent une série de points équidistants du spectre des intensités.

Je me propose de montrer maintenant que le procédé d'analyse harmonique indiqué par Madelung (3) peut se généraliser, et permet d'obtenir en une *seule opération*, et d'une façon continue, le spectre des intensités d'une courbe donnée.

Voici en quoi consiste la suggestion de Madelung :

Considérons une fenêtre de diffraction limitée par l'axe des x, une période de la courbe $Y = f(x)$ (longueur $2l$) et deux ordonnées limitant cette période. Un faisceau incident, parallèle à Oz, tombe sur la fenêtre. Observons le spectre de diffraction dans le plan focal d'une lentille, le long d'une droite D située dans le plan xOz et parallèle à Ox; l'intensité en un point M de D est proportionnelle à $(S^2 + C^2)$ où S et C sont définis par les

---

(1) Séance du 29 octobre 1934.

(2) Note au Service des Recherches de l'Aéronautique (50 pages), avril 1932.

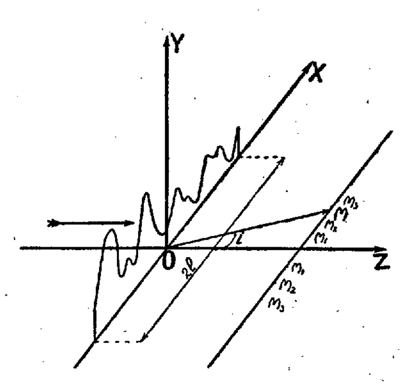
(3) Voir Germansky, *Ann. der Phys.*, 5e série, 7, 1930, p. 453.

formules classiques :

$$S(\mu)=\int_{-l}^{+l}\int_{0}^{y=f(x)}\sin\mu x\,dx\,dy=\int_{-l}^{+l}f(x)\sin\mu x\,dx,$$

$$C(\mu)=\int_{-l}^{+l}\int_{0}^{y=f(x)}\cos\mu x\,dx\,dy=\int_{-l}^{+l}f(x)\cos\mu x\,dx,$$

où $\mu=2\pi\sin i/\lambda$. On voit que les intensités de diffraction aux points M_1, M_2, ... correspondant à $\mu=\pi/l$, $2\pi/l$, ... sont proportionnelles aux intensités du fondamental et des harmoniques successifs de la courbe. D'une étude théorique et expérimentale de Germansky, il résulte qu'il est préférable d'utiliser des enregistrements à densité variable et qu'on peut alors déceler jusqu'au 100e et même 500e harmonique.



Je vais démontrer maintenant qu'on peut généraliser ce procédé et l'appliquer à l'analyse spectrale des courbes non périodiques. Considérons un enregistrement à densité variable représentant la fonction à analyser; nous supposerons, pour simplifier la démonstration, que cette fonction est de la forme $f(x)=\sum_i y_i\sin(\omega_i x+\varphi_i)$. Déroulons l'enregistrement parallèlement à OX et derrière une fente de diffraction rectangulaire de largeur $2l$ réglable. Si le spectre de diffraction est reçu par une plaque sensible, et si le déroulement est uniforme, la plaque fournira un spectre moyen; je dis que celui-ci est le spectre des intensités y_i^2 de la fonction, obtenu avec une courbe de sélectivité de la forme $[(\sin\alpha)/\alpha]^2$.

Pour cela remarquons que, lorsque l'enregistrement se déroule, $S(\mu)$ et $C(\mu)$ caractérisent des *transformations sélectives* [1], la courbe de

---

[1] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2222.

transformation étant, respectivement, $[\sin \mu x]_{-l}^{+l}$ et $[\cos \mu x]_{-l}^{+l}$. Les courbes de sélectivité correspondant à ces deux transformations sont de la forme $g(\omega) = \sqrt{A^2 + B^2}$ avec les notations du travail cité plus haut. En remarquant que la première courbe de transformation est impaire et la seconde paire, on trouve, respectivement :

$$g_S(\omega) = A(\omega) = \int_{-l}^{+l} \sin \mu x \sin \omega x \, dx = l\left(\frac{\sin \varepsilon l}{\varepsilon l} - \frac{\sin(2\mu + \varepsilon) l}{(2\mu + \varepsilon) l}\right),$$

$$g_C(\omega) = B(\omega) = \int_{-l}^{+l} \cos \mu x \cos \omega x \, dx = l\left(\frac{\sin \varepsilon l}{\varepsilon l} + \frac{\sin(2\mu + \varepsilon) l}{(2\mu + \varepsilon) l}\right),$$

en posant $\omega = \mu + \varepsilon$, d'où $N = \mu/2\pi + \varepsilon/2\pi$ avec $N = \omega/2\pi$.

Puisque $f(x) = \sum_i y_i \sin(\omega_i x + \varphi_i)$, on a

$$(1) \qquad S(\mu) = \sum_i A_i y_i \cos(\omega_i x + \varphi_i), \qquad C(\mu) = \sum_i B_i y_i \sin(\omega_i x + \varphi_i);$$

d'où finalement :

$$\text{moy.}\,[S_{(\mu)}^2 + C_{(\mu)}^2] = \frac{1}{2} \sum_i y_i^2 (A_i^2 + B_i^2) = l^2 \sum_i y_i^2 \left[\left(\frac{\sin \varepsilon_i l}{\varepsilon_i l}\right)^2 + \left(\frac{\sin(2\mu + \varepsilon_i) l}{(2\mu + \varepsilon_i) l}\right)^2\right].$$

L'intensité moyenne de diffraction pour la direction μ s'obtient en multipliant l'intensité de chaque composante de la fonction à analyser par un coefficient fonction de la fréquence de celle-ci. L'opération est donc sélective.

Propriétés. — 1° *On peut démontrer que la courbe de sélectivité se confond très sensiblement, surtout pour ε petit, avec $l^2[(\sin \varepsilon l)/\varepsilon l]^2$. Elle présente un maximum prédominant pour $\varepsilon = 0$ (d'où $N = \mu/2\pi$) et les fréquences passantes sont sensiblement comprises entre $\mu/2\pi - 1/2l$ et $\mu/2\pi + 1/2l$;*

2° *Les limites du spectre mesurable sont pratiquement $1/2l$ et $500/2l$ cycles, la bande passante étant d'environ $1/l$ cycles;*

3° *La sélectivité est d'autant plus grande que la fente est plus large;*

4° Enfin, l'équation (1) suppose que la moyenne est prise en faisant varier x de $-\infty$ à $+\infty$, mais une étude, qu'il m'est impossible de développer ici, montre qu'on obtient, dans la plupart des cas, une très bonne approximation en prenant une longueur d'enregistrement de 5 à 10 fois plus longue que la largeur $2l$ de la fente.

POLARIMÉTRIE. — *Le pouvoir rotatoire du quartz pour les rayons perpendiculaires à l'axe et sa dispersion dans l'ultraviolet.* Note de MM. **Georges Bruhat** et **Pierre Grivet**, présentée par M. A. Cotton.

Les vibrations privilégiées dans un milieu biréfringent actif sont deux vibrations elliptiques inverses, dont l'ellipticité $\varepsilon/2$ est liée au pouvoir rotatoire ρ et à la biréfringence φ par la relation $\tan g\varepsilon = \rho/2\varphi$. Pour une lame de quartz parallèle à l'axe et pour la raie D, l'angle ε est égal, d'après des mesures anciennes de Voigt et de Wever, à 14 minutes; G. Szivessy et C. Schweers [1] au contraire ont trouvé plus récemment que cet angle était trop petit pour être mesuré. Nous en avons repris la détermination, pour les radiations violettes et ultraviolettes de l'arc au mercure, par la méthode d'analyse des vibrations elliptiques que nous avons décrite ici même [2].

Pour mesurer ε, on pointe, avec l'analyseur photoélectrique à pénombre, la vibration qui sort du polariseur, on intercale la lame de quartz, on l'oriente de façon à rétablir l'égalité d'éclat, et l'on mesure l'ellipticité β_m de la vibration transmise : on a $\varepsilon = \beta_m$. Pour des erreurs de pointé de l'ordre de la minute, et à condition que le retard θ soit supérieur à 60°, l'erreur de cette mesure de ε ne dépasse pas 1 à 2 minutes.

Dans ce pointé, l'azimut α de l'axe optique du quartz par rapport au polariseur est donné par la relation $2\alpha = \varepsilon \cot\theta/2$; il varie d'une radiation à l'autre, et la mesure de ses variations permet de calculer ε lorsqu'on a mesuré θ. Cette détermination, moins précise que la précédente, n'exige pas la mesure d'une ellipticité, et nous avons pu l'employer pour des radiations de longueurs d'onde inférieures à 3000 Å, pour lesquelles notre quart d'onde de mica n'est plus suffisamment transparent.

Si l'on oriente la lame de quartz de façon que son axe fasse un angle α avec la vibration fournie par le polariseur, elle fournit une vibration d'azimut α_1 et d'ellipticité β_1 : la mesure de α_1 et de β_1 permet de déterminer ε, si l'on connaît θ; pour des valeurs faibles de α, la précision est du même ordre que dans la première méthode. Si l'on mesure les azimuts α_1 et α_2 des vibrations transmises pour des valeurs $\alpha = \pm 22°,5$, on peut calculer simultanément les valeurs de θ et de ε : on n'a pas de mesures d'ellipticité à faire, mais la précision de la détermination de ε est assez faible.

---

(1) *Annalen der Physik*, **1**, 1929, p. 891.
(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 852.

Nous avons fait des mesures de ε par ces diverses méthodes pour sept lames de quartz parallèles à l'axe : trois lames minces d'épaisseurs 169, 184 et 189$^{\mu}$, deux lames de 1^{mm} de quartz droit et de quartz gauche, deux lames de 2^{mm} de quartz droit et de quartz gauche. Toutes les mesures ont été aussi concordantes qu'on pouvait l'espérer, et ne laissent aucun doute sur le fait que *les phénomènes sont bien représentés par l'hypothèse des vibrations elliptiques privilégiées, les valeurs absolues des angles* ε *étant les mêmes pour toutes les lames*. Nous avons vérifié que, pour des lames inactives de mica, de gypse ou de spath, les mêmes mesures donnent $\varepsilon = 0$, ce résultat n'ayant d'ailleurs été obtenu pour la lame de spath qu'après un polissage aussi parfait que possible.

Les quatre lames épaisses avaient des faces latérales polies perpendiculaires à l'axe : nous avons ainsi pu mesurer leurs rotations pour des rayons parallèles à l'axe, et déterminer leurs signes avec certitude. Pour ces quatre lames, *les pouvoirs rotatoires pour des rayons perpendiculaires à l'axe sont de sens opposés aux pouvoirs rotatoires suivant l'axe*. C'est le résultat qui avait été indiqué par Voigt et Wever.

Les meilleures mesures de ε sont celles que fournissent les lames minces : les radiations qu'isole notre monochromateur ne sont pas assez monochromatiques pour que les lames de 2^{mm} aient pour elles un retard θ bien défini. Il en résulte que ces lames donnent toujours des valeurs de ε trop faibles ; c'est pourquoi Szivessy et Schweers, qui employaient une portion de spectre continu, ont conclu à l'inexistence du pouvoir rotatoire. Nous donnons dans le tableau suivant, à côté de la valeur de Voigt et Wever pour $\lambda = 5893$ Å, les valeurs que donnent pour ε les moyennes de nos diverses mesures et les pouvoirs rotatoires ρ qui s'en déduisent; les valeurs de ε doivent être correctes à 1 ou 2 minutes près de $\lambda = 4358$ à $\lambda = 3021$ Å; pour les longueurs d'onde inférieures à 3021 Å, l'erreur peut être de 5 ou 6 minutes :

λ (angströms)....	5893.	4358.	4047.	3665.	3341.	3128.	3021.	2804.	2653.	2537.
$\lvert\varepsilon\rvert$ (minutes)....	14	19	21	23	26	28	29	32	35	38
$\lvert\rho\rvert$ (degrés/mm).	11,5	21,5	27	32	40,5	48	51	63	74,5	86
$\lvert\varepsilon\rvert.\lambda$ (min. μ)...	8,2	8,3	8,5	8,4	8,7	8,8	8,8	9,0	9,3	9,7
$\lvert\rho/\rho_0\rvert$..........	0,53	0,52	0,55	0,52	0,54	0,54	0,53	0,55	0,55	0,57

On voit que l'ellipticité $\varepsilon/2$ varie à peu près en raison inverse de λ, comme on pouvait s'y attendre, puisque ρ est approximativement proportionnel à $1/\lambda^2$ et φ à $1/\lambda$, et que le rapport ρ/ρ_0 du pouvoir rotatoire ρ perpendiculairement à l'axe au pouvoir rotatoire ρ_0 suivant l'axe est à peu près

constant. A l'approximation de nos mesures, *les deux pouvoirs rotatoires ont même dispersion, et les surfaces de gyration pour les diverses radiations sont des hyperboloïdes semblables.*

Ces mesures étaient terminées lorsqu'a paru un Mémoire de G. Szivessy et Cl. Munster (¹), dans lequel ces auteurs reconnaissent l'inexactitude des conclusions de Szivessy et Schweers, et donnent, pour $\lambda = 510^{m\mu}$, la valeur $\varepsilon = 14$ minutes, en accord satisfaisant avec nos mesures.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur l'effet Zeeman et l'affaiblissement magnétique de la fluorescence de* S^2 *et* Te^2. Note (²) de M. **Ion I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Genard (³) et Smoluchowski (⁴) ont signalé récemment l'affaiblissement de la fluorescence de S^2 et Te^2 sous l'action d'un champ magnétique assez intense. Le même effet avait été observé dans le cas de la fluorescence de la vapeur de I^2. La théorie dans ce dernier cas a été élaborée par Van Vleck (⁵). Il suffit de retenir de cette théorie que l'affaiblissement magnétique de la fluorescence de I^2 n'est pas dû à un effet Zeeman.

Tel ne doit pas être le cas de S^2 et de Te^2. En effet les passages électroniques des spectres d'absorption et de fluorescence de ces deux corps ont lieu entre les niveaux $^3\Sigma - {}^3\Sigma$ avec $\Lambda = 0$ et $S = 1$. Les deux niveaux sont susceptibles d'une division en sous-niveaux magnétiques sous l'action d'un champ. Par conséquent la vapeur de S^2 et de Te^2 doit présenter en présence d'un champ magnétique un effet Zeeman sur les raies d'absorption et sur les raies d'émission par fluorescence. Les deux effets devraient intervenir dans l'action du champ magnétique sur la fluorescence de ces deux vapeurs. En effet l'excitation, et par suite l'intensité de la fluorescence, est déterminée en partie par la largeur et l'intensité spectrale des raies d'absorption couvertes par la raie excitatrice (raies de l'arc au mercure). Le champ magnétique modifie les raies d'absorption en les divisant en composantes Zeeman. Il s'ensuit que l'excitation sera changée du fait que la raie excita-

(¹) *Annalen der Physik*, **20**, 1934, p. 704.
(²) Séance du 5 novembre 1934.
(³) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1402, et **198**, 1934, p. 816.
(⁴) *Z. für Physik*, **85**, 1933, p. 191.
(⁵) *Phys. Review*, **40**, 1932, p. 791.

trice ne couvrira plus la même partie spectrale de la raie d'absorption excitée. La raie excitatrice pourrait même couvrir des composantes Zeeman des raies voisines qui n'étaient pas excitées en dehors du champ. Le spectre de fluorescence qui en résulte pourrait donc être plus complexe qu'en dehors du champ.

En émission l'effet Zeeman, avec les deux polarisations superposées ne produit pas une variation de l'intensité par rapport au cas de l'émission sans champ. En effet la somme de l'intensité de toutes les composantes Zeeman d'une raie est égale à l'intensité de cette raie en dehors du champ.

Les composantes Zeeman d'un niveau $^3\Sigma$. — Du point de vue des couplages des vecteurs, l'état électronique $^3\Sigma$ d'une molécule se rattache au cas *b* de la classification de Hund. Les composantes Zeeman d'un pareil état électronique sont déterminées par la relation suivante :

$$\Delta F(J) = M\left[\frac{\Lambda^2}{J(J+1)} + \frac{2(J-K)}{J}\right]\Delta\nu_n, \qquad (1)$$

où les majuscules ont leur signification connue et où $\Delta\nu_n$ représente le déplacement Zeeman normal, c'est-à-dire la moitié de la largeur du triplet atomique normal $eH/4\pi m_e c = 4,67 \times 10^{-5}\,H\,cm^{-1}$.

Dans notre cas, $^3\Sigma(\Lambda = 0, S = 1)$, la relation (1) se réduit à

$$\Delta F(J) = M\,\frac{2(J-K)}{J}\,\Delta\nu_n. \qquad (2)$$

Le déplacement des composantes extrêmes est obtenu pour $M = J$, donc

$$\Delta F_{max}(J) = 2(J-K)\,\Delta\nu_n. \qquad (3)$$

Le niveau est un triplet avec les composantes $F_1(K+1)$, $F_2(K)$ et $F_3(K-1)$. Le déplacement Zeeman maximum de ces trois composantes est le suivant :

$$\Delta F_{1max}(K+1) = 2\,\Delta\nu_n, \qquad \Delta F_{2max}(K) = 0, \qquad \Delta F_{3max}(K-1) = -2\,\Delta\nu_n. \qquad (4)$$

Donc des trois composantes, il n'y a que $F_1(K+1)$ qui soit sensible au champ magnétique. D'après (4) la séparation maxima est constante $(= 2\,\Delta\nu_n)$ et indépendante de $J = K+1$.

La figure 1 montre la décomposition magnétique de $F_1(K+1)$ pour les trois premières valeurs de K et la séparation Zeeman qui en résulte pour une des raies. A la place de la raie R(0), en pointillé sur la figure, il y

aura, en présence du champ, toutes les transitions dessinées en traits pleins et la raie R(o) elle-même.

Il est évident que l'excitation d'une telle raie est différente suivant que l'excitation se fait sans champ, ou avec le champ magnétique présent. Il en résulte que le spectre de fluorescence change lui aussi suivant que le champ est présent ou absent.

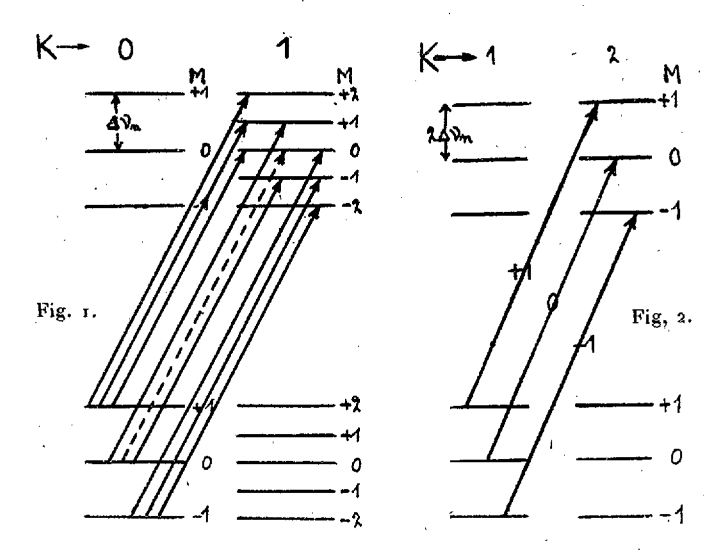


Fig. 1.

Fig. 2.

Effet Paschen Back. — Nous devons considérer aussi le cas d'un effet Paschen Back sur le niveau $^3\Sigma$. En effet, dans le cas *b* de la classification de Hund, il arrive souvent, en présence des champs magnétiques assez intenses, que les vecteurs K et S soient découplés et quantisés séparément par rapport à la direction du champ. La relation de Hund est dans ce cas la suivante :

$$\Delta F(K) = \left[\frac{M_K A^2}{K(K+1)} + 2 M_S\right] \Delta\nu_n. \tag{5}$$

Dans notre cas elle se réduit à

$$\Delta F(K) = 2 M_S \Delta\nu_n \tag{6}$$

avec $M_S = -1, 0, +1$.

Nous avons dessiné le diagramme de l'effet Paschen Back de $^3\Sigma$ (*fig.* 2).

A la place de la raie $R(1)_0$ il y aura, en présence du champ, trois raies : $R(1)_{+1}$, $R(1)_0$, $R(1)_{-1}$. Il est évident que l'excitation d'une telle raie est différente suivant que le champ magnétique est présent ou non. La fluorescence qui en résulte diffère aussi dans les deux cas.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur la réalisation de films d'acétocellulose indéformables par l'eau.* Note [1] de M. **André Charriou** et Mlle **S. Valette**, présentée par M. Georges Perrier.

Nous avons montré [2] pourquoi, en photographie aérienne, il n'a pas été jusqu'ici possible d'utiliser des films pour les relevés cartographiques de précision. En effet, si un film cellulosique est plongé dans l'eau puis séché, on constate que ses dimensions linéaires sont devenues inférieures à leurs valeurs initiales.

Nous avons donc recherché le moyen d'obtenir des films d'acétocellulose indéformables, en agissant soit sur leur composition chimique, soit sur leur structure.

Mode opératoire. — Nous avons préparé une série de films d'acétocellulose en faisant varier la nature et la proportion du plastifiant ainsi que la teneur en acide acétique.

Les échantillons de films étaient ensuite découpés en bandes de 250^{mm} et maintenus pendant 48 heures dans une atmosphère à humidité constante (60 pour 100 de la saturation), puis mesurés au comparateur (les films étant enfermés entre deux glaces afin que l'humidité ambiante ne puisse modifier leurs dimensions). On les soumettait ensuite à un trempage dans de l'eau distillée pendant 45 minutes, à température ordinaire. Enfin ils étaient à nouveau mesurés après diverses durées de séchage, à température ordinaire et sous une humidité constante de 60 pour 100, en prenant les mêmes précautions que précédemment.

La précision de nos mesures était de l'ordre de $1/10000^e$.

Nous n'avons pas pu obtenir de films rigoureusement indéformables par la seule modification de la composition chimique. Aussi nous avons soumis d'autres séries de films à des traitements postérieurs à leur fabrication et destinés à amener des changements dans leur structure, par exemple lavage de longue durée à l'eau froide, action de l'eau bouillante, de la vapeur d'eau, de la chaleur, etc. Nous avons ensuite étudié, par la méthode précédente, la répercussion de ces traitements sur l'aptitude des films à la déformation.

Résultats expérimentaux. — Le tableau ci-après groupe les résultats les plus caractéristiques obtenus au cours de nos essais.

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2161.

Nature des films.	Déformation des films pour 100 après 5 jours de séchage.	après 30 jours de séchage.	après 60 jours de séchage.	après 90 jours de séchage.
1. Acétocellulose plastifié à 18 % de triacétine...	0,230	0,250	0,290	0,330
2. Acétocellulose plastifié à 14 % de triphénylphosphate..............................	0,130	0,135	0,185	0,195
3. Acétocellulose plastifié à 18 % de triphénylphosphate..............................	0,040	0,040	0,085	0,100
4. Acétocellulose plastifié à 22 % de triphénylphosphate..............................	0	0	0,060	0,090
5. Acétocellulose à 52,3 % d'acide acétique et plastifié à 25 % de triphénylphosphate........	0,310	0,320	0,340	0,360
6. Acétocellulose à 54,2 % d'acide acétique et plastifié à 25 % de triphénylphosphate......	0,140	0,140	0,150	0,175
7. Acétocellulose à 55,9 % d'acide acétique et plastifié à 25 % de triphénylphosphate......	0,035	0,045	0,060	0,095
8. Acétocellulose à 57,6 % d'acide acétique et plastifié à 25 % de triphénylphosphate......	0,050	0,070	0,080	0,095
9. Acétocellulose à 59,5 % d'acide acétique et plastifié à 25 % de triphénylphosphate......	0	0,015	0,030	0,055
10. Film n° 7 traité pendant 15 minutes dans l'eau bouillante..............................	0,030	0,030	0,025	0,025
11. Film n° 8 traité pendant 15 minutes dans l'eau bouillante..............................	0,015	0,010	0,010	0,010
12. Film n° 9 traité pendant 15 minutes dans l'eau bouillante..............................	0	0	0	0
13. Film n° 5 chauffé pendant 4 heures à 100°.....	0,065	0,090	0,110	0,120
14. Film n° 6 chauffé pendant 4 heures à 100°.....	0,070	0,040	0,130	0,170
15. Film n° 7 chauffé pendant 4 heures à 100°.....	0,035	0,030	0,020	0,015
16. Film n° 8 chauffé pendant 4 heures à 100°.....	0,030	0,030	0,015	0,015
17. Film n° 9 chauffé pendant 4 heures à 100°.....	0	0	0	0
18. Film n° 5 soumis à 12 trempages dans de l'eau et séchages successifs......................	0,055	0,120	0,130	—
19. Film n° 6, même traitement..................	0	0,060	0,065	—
20. Film n° 7, même traitement..................	0	0,040	0,050	—
21. Film n° 8, même traitement..................	0	0,030	0,030	—
22. Film n° 9, même traitement..................	0	0	0	—

Conclusions. — Après action de l'eau et séchage, les films d'acétocellulose se déforment d'autant moins que leur titre en acide acétique est plus élevé et que leur teneur en plastifiant est plus importante.

Pour un titre en acide acétique de 59,5 pour 100, et pour une teneur en plastifiant de 25 pour 100, la déformation est extrêmement faible, elle atteint pourtant une valeur de 0,055 pour 100, 90 jours après le trempage.

Nous avons réussi à rendre les films de composition ci-dessus strictement indéformables en les soumettant soit à une surchauffe pendant quatre heures à 100°, soit à une succession de trempages dans de l'eau, suivi de séchages, soit encore à un traitement de 15 minutes dans de l'eau bouillante. Toutefois, ce dernier procédé est pratiquement inemployable en raison de la diminution de l'élasticité des films.

Au cours de ces traitements, les films subissent une forte contraction, et leur structure est amenée dans un état d'équilibre stable, si bien que de nouvelles actions de l'eau ne déterminent aucune déformation.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un procédé d'étanchéité de batardeaux ou de barrages.* Note [1] de M. **Gaston Menier**, présentée par M. d'Arsonval.

La technique habituelle pour la construction des batardeaux, qui sont, comme on le sait, destinés à permettre de travailler à sec dans le lit d'une rivière, consiste à établir deux rangées de palplanches parallèles à 50^{cm} l'une de l'autre et dont la pointe s'enfonce dans le sol; le haut de ces palplanches est moisé.

Dans l'intervalle des deux rangées de palplanches on déverse des blocs de terre glaise qui, dans l'eau, se délite et l'on procède au pilonnage de ces blocs pour les relier ensemble.

Lorsque ce mur provisoire est formé on pompe l'eau qui se trouve circonscrite par ce mur temporaire.

Comme les palplanches peuvent ne pas se joindre absolument, il en résulte des intervalles que la glaise doit obstruer et l'on en surveille l'état à mesure que le vide s'établit dans l'enceinte qu'il s'agit d'assécher.

Il est nécessaire pour cela de faire un travail assez long, de plusieurs jours, et quelquefois il peut se produire des mécomptes à cause des « renards » qui se forment entre les blocs de glaise.

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.

Lorsque le travail est terminé on laisse entrer l'eau, on arrache les palplanches et la glaise s'échappe.

On fait même des palplanches en métal qui ne remédient pas aux défauts signalés, et représentent un prix élevé.

En examinant de près ce travail, j'ai mis au jour une autre idée.

Tout d'abord, je ne mets qu'un rang de palplanches et il m'est indifférent qu'elles soient plus ou moins jointives, mais à l'extérieur je déroule sur les palplanches des lès de moleskine au moyen d'un objet quelconque, un barreau de fonte, qui les leste à la partie inférieure, et se déroulent jusqu'au pied des palplanches.

Comme dans le premier cas la partie supérieure des palplanches se trouve moisée et si l'on craint que cette palissade tende à se déverser par la poussée de l'eau, il est facile de s'en garantir soit en battant quelques pieux de distance en distance, soit en plaçant quelques étais à des points convenables.

Lorsque la moleskine est placée, on pompe l'eau à l'intérieur comme dans le premier cas; la pression de l'eau extérieure vient faire plaquer la moleskine et elle se modèle sur les palplanches en assurant immédiatement l'étanchéité.

J'ai appliqué ce système à Noisiel en 1914, pour un travail de remplacement d'une turbine hydraulique de 7^{m} de diamètre, et en construisant un batardeau dont la profondeur dépassait $5^{m},50$.

Le succès fut complet; je m'étais attaché alors à rapprocher les palplanches le plus possible pour aider à l'étanchéité. Depuis cette époque j'ai reconnu que ce soin était inutile.

En effet, si les palplanches ne se joignent pas la pression qui s'exerce sur la moleskine se décharge sur le bord des deux palplanches voisines, et permet à ces dernières un écartement relativement considérable.

J'ai employé deux sortes de moleskine du commerce : l'une assez mince et l'autre un peu plus solide. Je les ai fait analyser au point de vue de la résistance du tissu par le Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, qui m'a fourni les chiffres suivants :

Marque des échantillons.	Distance entre mâchoires.	Charge de rupture. Chaîne.	Charge de rupture. Trame.
Moleskine A (tissu solide)	50^{mm}	$62^{kg},0$	$40^{kg},5$
Moleskine B (tissu mince)	100^{mm}	$37^{kg},0$	$30^{kg},0$

Essai sur un barrage à aiguilles. — Une circonstance est venue cet été me permettre de faire une expérience encore plus importante.

Comme on le sait, par suite de la sécheresse, les rivières ont eu leur débit bien restreint. La Marne, dont j'utilise à Noisiel les eaux surabondantes de niveau exigé par la Navigation, avait tellement diminué que j'avais été obligé d'arrêter mes moteurs hydrauliques pour maintenir le niveau qui m'est imposé.

Je proposais alors au Service de la Navigation d'essayer mon système de moleskine sur les aiguilles qui forment le barrage.

Les aiguilles entre elles, malgré le soin avec lequel elles sont préparées, sont loin d'être jointives; il y a entre elles, soit par défaut d'équarrissage, soit par suite de torsion ou défaut de rectitude des intervalles qui atteignent jusqu'à 60 et 70^{mm}; même à un endroit j'ai mesuré 95^{mm}.

A chacun de ces passages s'écoulait une lame d'eau dont le débit totalisé était considérable et ne pouvait assurer la tenue de l'eau nécessaire; il en résultait que les péniches de la navigation ne pouvaient pas franchir le seuil de Chalifert.

On avait bien essayé de jeter en amont du barrage quelques brouettées de mâchefer ou de morceaux de toile de sacs, mais sans résultat, et lorsque je déroulai les lés de moleskine le barrage devint complètement étanche, il ne coulait plus une goutte d'eau à travers les aiguilles, et pendant 4 mois il en fut ainsi.

Pour me rendre compte du travail qui pouvait affecter la moleskine, j'ai construit un petit appareil recevant de la pression d'eau et possédant une ouverture rectangulaire de 0^{m},40 de hauteur, mais dont la largeur pouvait varier de 0 à 100^{mm}.

La moleskine étant placée sur la fente mobile, l'eau la plaquait contre cette fente; elle recevait en amont contre elle une pression variable jusqu'au moment où, sous cette pression, la moleskine se déchirait.

L'expérience faite avec la moleskine mince B donne le tableau suivant qui résume le déchirement en fonction de la largeur de la fente et de la pression que subit en même temps la moleskine.

Largeur de la fente.	Pression à laquelle se produit le déchirement par centimètre carré.	Hauteur d'eau correspondant aux pressions successives.
mm	kg	m
10	7	72,31
20	6,500	67,14
30	4,500	46,48
40	4	41,32
50	3	30,99
75	2	20,66
100	1	10,33

Les chiffres afférents à la moleskine A, plus solide, suivent la même progression avec un léger avantage.

Le fait de la décharge de la pression sur les bords de la fente correspondant à l'ouverture montre bien la marge de sécurité que donne ce système, puisque avec une ouverture de 10^{mm} il faut atteindre une pression de 7^{kg} pour faire céder la moleskine et, au fur et à mesure que la fente est plus large la pression nécessaire au déchirement diminue, puisqu'on arrive alors à 1^{kg} de pression pour 100^{mm} de largeur de fente.

J'ai également utilisé cette moleskine pour établir des surhausses à un déversoir amovible, procédé établi sur les mêmes principes.

C'est donc là, comme on le voit, un système rapide et efficace à opposer à l'irruption de l'eau et qui peut trouver de nombreuses applications.

Le prix est pour ainsi dire insignifiant, même si à la fin du travail on sacrifie la moleskine sans la récupérer.

RADIOACTIVITÉ. — *Localisation autophotographique des ions radioactifs dans la gélatine.* Note [1] de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré [2] dans quelle mesure la considération des phénomènes chimiques dans un gel tel que la gélatine conduit à des données d'ordre qualitatif, le spécimen d'essai étant observable au microscope, ainsi que par d'autres moyens physiques. Dans le cas spécial où des ions radioactifs se trouvent engagés dans les molécules mises en œuvre, une possibilité supplémentaire est offerte à l'observateur. En chambre obscure, en effet, une plaque photographique est directement impressionnable par la préparation. Les ions radioactifs présents, trahis par leur rayonnement spontané, se signalent exactement par la trace autophotographique qu'ils laissent sur l'émulsion, après développement.

Le procédé, tout d'abord, s'applique à l'étude de la diffusion, en rendant immédiatement tangible, par l'appréciation des noircissements du cliché autophotographique, la répartition de matière dans une auréole donnée. De ce point de vue, par exemple, l'autophotographie de l'auréole incolore de nitrate de thorium signale des zones distinctes de diffusion, liées aux

(1) Séance du 5 novembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 611.

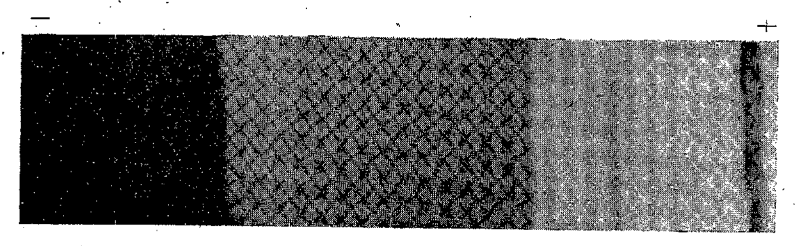
dénivellations successives subies par le gel, la matière s'étant notoirement accumulée dans la zone contiguë à la goutte.

Le procédé autophotographique permet également de suivre le comportement d'un ion au cours d'une réaction donnée. C'est ainsi que dans la précipitation ponctuée, provoquée par l'apposition d'une goutte de chlorure de baryum radifère sur de la gélatine imprégnée d'acide oxalique, on constate une accumulation très prononcée de la radioactivité dans les monocristaux précipités, tandis qu'ultérieurement une réapparition légère du noircissement sur l'autophotographie décèle l'avance du réactif-goutte dans le milieu.

Enfin, la localisation autophotographique des ions radioactifs rend accessible le contrôle direct des processus électrolytiques. Dans cet ordre d'idées, on a repris ici, sur de la gélatine imprégnée de chlorure de baryum et étalée en couche plane, les expériences pratiquées à la fin du siècle dernier par Noyes et Blanchard [1] sur de la gélatine contenue dans des tubes en U et imprégnée d'électrolytes divers.

Électrolyse du chlorure de baryum radifère dans la gélatine. — Conformément à un dispositif antérieurement adopté [2], la gélatine, imprégnée de chlorure de baryum radifère, est coulée sur une plaque de verre, que viennent border deux armatures parallèles de papier métallique. Un champ électrique d'une dizaine de volts est maintenu entre les armatures, jusqu'à extinction pratiquement complète de la conductivité.

A ce moment, on remarque sur la préparation un certain nombre de régions d'opacité différente, liées aux déformations propres du gel sous tension appliquée, et provoquées par l'électrolyse du sel de baryum.



Électrolyse du chlorure de baryum radifère dans la gélatine.
Localisation autophotographique des ions radioactifs.

D'autre part, l'impression autophotographique de la préparation (voir figure) révèle que les ions radioactifs se sont, eux aussi, distribués en zones

(1) *Journ. Ann. Chem. Soc.*, **22**, 1900, p. 726.
(2) *Journ. Phys. Rad.*, **4**, 1933, p. 362.

correspondant sensiblement aux précédentes. La répartition rappelle celle qui résulte de l'incorporation à la gélatine d'un sol tel que celui de sulfure d'arsenic ou d'une matière colorante telle que le bleu de méthylène (1). Ici, les phénomènes suggèrent la présomption d'un échelonnement des mobilités ioniques dans les zones successives. Conformément à une observation antérieure (2), ils montrent à nouveau que dans un gel tel que la gélatine, les processus électrolytiques ne sauraient s'identifier entièrement à ceux que prévoit la théorie pour le milieu aqueux. En ce qui concerne notamment les migrations ioniques, l'assimilation de l'un à l'autre milieu n'est à regarder comme légitime que dans ces conditions bien déterminées.

En résumé, le mode opératoire présentement décrit est utilisable en diverses voies, les noircissements obtenus pouvant, en chaque cas, faire l'objet d'examens microphotométriques. En particulier, la méthode autophotographique semble appropriée à l'investigation chimique des substances radioactives qui demeurent rebelles aux techniques usuelles de l'analyse, en raison de leur dilution extrême.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pourquoi l'eau mouille-t-elle le verre ?* Note de M. **Maurice Holderer**, présentée par M. J. Perrin.

Si l'eau est véritablement une solution de glace, c'est-à-dire d'eau polymérisée dans de l'eau simple, comme l'expliqua W. K. Rœntgen en 1892 par le nombre variable des valences de l'atome d'oxygène, alors l'oxygène de l'eau doit aussi avoir de l'affinité pour l'oxygène engagé dans la composition chimique du verre en contact avec l'eau. On se trouve en présence de composés complexes entre l'eau et le verre. Les corps riches en oxygène, comme le bois, seront mouillés par l'eau, tandis qne les corps gras, à poids moléculaires élevés, pauvres en oxygène, ne le seront pas.

Si le mercure ne mouille pas le verre, il suffit d'une trace d'oxyde à la surface de ce liquide pour que le verre soit mouillé par endroits par lui. L'oxygène de l'oxyde envoie deux valences vers le verre et les autres vers le mercure.

---

(1) *Loc. cit.*, note (2), p. 1045.

(2) *Journ. Chim. Phys.*, **31**, 1934, p. 407.

PHYSICOCHIMIE. — *Etude comparative des spectres d'absorption des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et de divers chlorures dans l'ultraviolet.* Note de M. **Robert Trehin**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans le but de faire cette étude, j'avais préparé l'acide chlorhydrique et les chlorures purs de potassium, sodium, lithium, baryum et strontium par des méthodes indiquées précédemment ([1]).

Les premiers résultats ont montré qu'il y aurait intérêt à étudier d'autres chlorures afin de déterminer d'une manière plus précise et plus générale les analogies et les différences de leurs spectres d'absorption. J'ai cherché à compléter la liste des chlorures des métaux alcalino-terreux.

Chlorure de calcium. — L'expérience montre que le meilleur procédé de préparation consiste à traiter par l'acide chlorhydrique pur le carbonate de calcium pur. J'ai préparé ce dernier en ajoutant une solution de carbonate d'ammonium dans une solution de chlorure ou de nitrate de calcium à l'ébullition. Le carbonate de calcium précipité est filtré, lavé à l'eau distillée chaude et essoré dans le vide. Le carbonate d'ammonium nécessaire a été obtenu d'autre part en faisant passer pendant longtemps un courant de gaz carbonique dans une solution aqueuse saturée de gaz ammoniac préalablement liquéfié.

Remarque. — J'ai préparé de la chaux pure par la méthode classique : chauffer le nitrate de calcium (au four électrique à résistance), reprendre par l'eau, filtrer, traiter la solution maintenue à l'ébullition par l'acide oxalique pur; calciner au rouge l'oxalate de calcium précipité. La chaux ainsi obtenue est attaquée par l'acide chlorhydrique. Dans les mêmes conditions d'épaisseur, de concentration et de température, cette solution est plus absorbante que celle préparée par la méthode décrite plus haut. La différence doit sans doute s'expliquer par la présence d'oxychlorures de calcium.

Chlorure de magnésium. — 1° J'ai d'abord utilisé le même procédé que pour le chlorure de lithium : le carbonate de magnésium est dissous dans l'eau distillée chargée de gaz carbonique et le liquide filtré, porté à l'ébullition; le carbonate de magnésium pur cristallisé précipite, il est essoré dans le vide, lavé à l'eau pure, essoré de nouveau et traité par l'acide chlorhydrique. La solution de chlorure de magnésium obtenue est concentrée.

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1089. Le procédé utilisé est la photométrie photographique.

2° M. le professeur Chaudron ayant eu l'amabilité de me procurer spécialement en vue de ces recherches, du magnésium distillé très pur, j'ai attaqué ce métal par l'acide chlorhydrique. Les deux méthodes conduisent aux mêmes résultats.

Chlorure de glucinium. — Les essais tentés pour préparer une solution aqueuse de chlorure de glucinium seront décrits par ailleurs. Le spectre d'absorption du liquide présente de larges bandes dont la netteté paraît fonction du temps, de la concentration et de la température. On peut en conclure que le chlorure de glucinium pur n'existe sans doute pas en solution aqueuse. L'hydrolyse doit favoriser l'existence d'un mélange de complexes dont l'état d'équilibre dépend des variables précitées.

Résultats. — La région spectrale explorée s'étend de 2500 à 2110 Å. Toutes les comparaisons entre les densités optiques des solutions sont données sous 1^{cm} d'épaisseur et à égalité de concentration en ions Cl^-. Dans ces conditions, on peut ajouter aux résultats déjà signalés [1] et toujours retrouvés les considérations suivantes :

1° A toute température, entre 20° et 90° C. les solutions d'acide chlorhydrique sont plus transparentes que celles des chlorures alcalins dans l'ultraviolet moyen, mais plus absorbantes dans l'ultraviolet extrême. La longueur d'onde pour laquelle se produit l'inversion varie avec la température. Si le phénomène existe également dans le cas des chlorures alcalino-terreux, les longueurs d'onde d'inversion sont situées dans le proche ultraviolet.

2° La densité optique des chlorures croît avec le nombre atomique du cation. L'écart est surtout marqué entre ClLi et ClNa. Il est beaucoup moins sensible entre les chlorures alcalino-terreux : on ne peut pratiquement distinguer l'un de l'autre les spectres de Cl^2Ba, Cl^2Sr et même Cl^2Ca que dans l'ultraviolet lointain au voisinage de l'extrémité du spectre, mais l'absorption croît alors très rapidement en fonction de la longueur d'onde.

3° La densité optique croît en fonction de la température plus vite pour l'acide que pour tous les sels et cet accroissement est d'autant plus rapide que le cation est moins hydraté.

Le tableau ci-après précise ces résultats : il donne dans le cas de la concentration en ions Cl^- par litre égale à 3 les valeurs des densités optiques sous une épaisseur de 1^{cm}, en fonction de la longueur d'onde, pour diverses températures.

(1) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 774; **193**, 1931, p. 1089; **195**, 1932, p. 1269.

	λ.	ClH.	ClK.	ClNa.	ClLi.	Cl^2Ba.	Cl^2Sr.	Cl^2Ca.	Cl^2Mg.
20°.	2170.....	0,081	0,072	0,062	0,032	0,026	0,026	0,024	0,020
	2200.....	0,060	0,060	0,052	0,027	0,021	0,021	0,020	0,017
	2230.....	0,047	0,052	0,047	0,023	0,018	0,018	0,018	0,015
	2300.....	0,029	0,042	0,036	0,018	0,014	0,014	0,014	0,012
	2370.....	0,021	0,035	0,030	0,015	0,012	0,012	0,012	0,010
	2500.....	0,013	0,028	0,026	0,010	0,009	0,009	0,009	0,008
40°.	2170.....	0,118	0,102	0,092	0,060	0,056	0,054	0,050	0,048
	2200.....	0,073	0,071	0,062	0,035	0,032	0,031	0,029	0,025
	2230.....	0,052	0,057	0,050	0,027	0,023	0,023	0,022	0,020
	2300.....	0,033	0,045	0,039	0,021	0,018	0,018	0,016	0,015
	2370.....	0,024	0,037	0,032	0,017	0,014	0,014	0,014	0,012
	2500.....	0,015	0,030	0,026	0,012	0,011	0,011	0,011	0,010
60°.	2170.....	0,193	0,144	0,132	0,102	0,098	0,094	0,092	0,090
	2200.....	0,098	0,092	0,082	0,056	0,054	0,051	0,048	0,046
	2230.....	0,066	0,070	0,062	0,038	0,035	0,034	0,032	0,030
	2300.....	0,037	0,049	0,044	0,025	0,022	0,022	0,021	0,019
	2370.....	0,027	0,041	0,036	0,020	0,016	0,016	0,016	0,014
	2500.....	0,017	0,032	0,028	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012
80°.	2200.....	0,164	0,130	0,120	0,094	0,092	0,090	0,087	0,084
	2230.....	0,095	0,092	0,084	0,060	0,058	0,056	0,054	0,052
	2300.....	0,045	0,056	0,050	0,032	0,028	0,027	0,026	0,024
	2370.....	0,030	0,044	0,039	0,024	0,019	0,019	0,019	0,017
	2500.....	0,019	0,035	0,031	0,016	0,015	0,015	0,015	0,014

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'acétochlorure de plomb.*

Note de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le chlorure de plomb est beaucoup plus soluble dans les solutions aqueuses d'acétate de plomb que dans l'eau pure. D'après White, ce phénomène devrait être attribué à la formation d'un acétochlorure de plomb, pour lequel il proposait la formule $Pb(CH^3CO^2)^2$, $PbClCH^3CO^2$, avec soit une ou deux molécules d'eau, soit une demi-molécule d'acide acétique de cristallisation (¹). Il l'identifiait au corps préparé antérieurement par Carius (²) de formule $Pb(CH^3CO^2)^2$, $PbClCH^3CO^2$, $3H^2O$.

Il m'a semblé intéressant d'étudier la solubilité du chlorure de plomb, dans des solutions de concentrations variables en acétate de plomb. J'ai

(¹) White, *Am. Chem. J.*, 35, 1906, p. 217.

(²) *Liebigs Ann.*, 125, 1863, p. 87.

opéré en maintenant constant le nombre de molécules-grammes de sels mis en œuvre, pour un même volume de solvant (eau avec la quantité suffisante d'acide acétique pour éviter l'hydrolyse). La solubilité maximum est d'autant plus grande que les solutions sont plus concentrées. Elle est toujours obtenue pour un rapport moléculaire de l'acétate au chlorure égal à 3. En voici quelques valeurs pour 100^{cm^3} de solution

Acétate de plomb............	néant	$7^g,5$	15^g	$22^g,5$
Atomes-gr. de chlore..........	0,0060	0,01185	0,0196	0,0237
Soit chlorure de plomb........	$0^g,834$	$1^g,647$	$2^g,72$	$3^g,29$

Ces résultats indiquent la formation d'une combinaison complexe que j'ai cherché à isoler. A cet effet, il convient d'opérer à chaud, en solution très concentrée (70 pour 100 d'acétate de plomb, par exemple), ce qui permet de dissoudre une quantité importante de chlorure. Par refroidissement, il se forme des cristaux en touffes soyeuses et radiantes, qui se développent rapidement et enrobent toute la masse du liquide. Il faut éviter la sursaturation, par agitation ou amorçage. La composition centésimale de ces cristaux nous conduit à la formule $Pb^2(CH^3CO^2)^3Cl, 3/2H^2O$ [Pb : 63,7 pour 100 (calculé, 63,5 pour 100); Cl : 5,40 pour 100 (calculé, 5,43 pour 100) et radicaux acétyles 27,14 pour 100 (calculé, 27,08 pour 100)]

Le dosage de l'ensemble du chlore et des radicaux acétyles a été effectué suivant une méthode s'inspirant de celle de Han et Chu [1].

La détermination de l'eau se révèle délicate en raison de la stabilité de l'hydrate. Par entraînement au moyen du benzène à l'ébullition, j'ai recueilli 2,0 cm³ d'eau pour 50^g de produit (calculé d'après la formule 2,06 cm³).

L'aspect du produit est conforme à la description de White. Toutefois, étant donné l'incertitude des formules proposées par cet auteur, je me suis demandé s'il ne pouvait pas se former d'autres composés. L'étude complète du système chlorure de plomb, acétate de plomb, eau acétique à 20° m'a montré que la phase solide ne peut être constituée que de chlorure de plomb, d'acétate de plomb, ou de l'acétochlorure de plomb décrit. Il faut noter toutefois que ce sel n'est pas stable en liqueur trop acétique : pour des teneurs en acide supérieures à 50 pour 100, il est décomposé complètement en chlorure précipité et acétate de plomb.

Dans l'eau pure, l'acétochlorure de plomb est hydrolysé, avec formation immédiate de chlorure basique de plomb, précipité blanc, sablonneux, insoluble, de formule $PbClOH$ [Pb : 79,2 pour 100 (calculé, 79,6 pour 100) et Cl : 13,6 pour 100 (calculé, 13,65 pour 100)]. Cette réaction équilibrée

(1) *Ind. Eng. Chem.* (anal. ed.), 3, 1932, p. 379.

peut être rendue complète en éliminant par ébullition l'acide acétique formé. Il apparaît donc manifeste que le chlorure en solution se trouve engagé dans un complexe. En effet, le chlorure basique ne peut provenir de la décomposition du chlorure neutre, qui ne s'hydrolyse qu'en tube scellé, à une température supérieure à 100° et au bout d'un temps assez long (¹).

J'ai réussi à préparer cet acétochlorure de plomb par deux autres méthodes, basées sur la double décomposition, qui permettent de confirmer la constitution complexe de ce sel :

1° Parmi la série de composés complexes du plomb, décrits par Weinland et ses collaborateurs (²) et (³), présentant une analogie complète de formule avec l'acétochlorure, se trouve l'acétoperchlorate de plomb, $[Pb^2(CH^3CO^2)^3]ClO^4$, qu'il avait démontré être le perchlorate d'un cation diplombotriacétyle. J'ai préparé ce sel anhydre [Pb : 59,80 pour 100 (calculé : 59,84 pour 100); ClO^4 : 14,6 pour 100 (calculé : 14,4 pour 100), et radicaux acétyles, 25 pour 100 (calculé : 25,6 pour 100)]. Après précipitation du perchlorate de potassium avec la quantité calculée de chlorure de potassium, j'ai pu extraire de la solution concentrée des cristaux d'acétochlorure de plomb.

2° J'ai préparé l'acétate basique de plomb décrit par Plöchl dès 1880 (⁴), de formule $Pb^2(CH^3CO^2)OH$ [Pb : 68,24 pour 100 (calculé, 68,10 pour 100) et radicaux acétyles 29,2 pour 100 (calculé 29,1 pour 100)]. Ce corps dissous dans l'eau présente une réaction alcaline. Neutralisée par une quantité équimoléculaire d'acide chlorhydrique, la solution concentrée, séparée du chlorure basique PbClOH, laisse cristalliser de l'acétochlorure de plomb.

Le sel obtenu par l'une ou l'autre de ces trois méthodes a toujours la même composition centésimale; de plus, les spectres de diffraction des rayons X, obtenus par la méthode de Hull, sont rigoureusement superposables.

(¹) N. Demassieux, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1684.
(²) *Zstchr. Angew. Chem.*, **34**, 1921, p. 354.
(³) Weinland et Stroh, *Ber. d. chem. Ges.*, **55**, 1922, p. 2706.
(⁴) *Ber. d. chem. Ges.*, **13**, 1880, p. 1647.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensations acétoliques de l'éther acétylacétique avec l'acétaldéhyde.* Note de MM. **Henry Gault** et **Thibaut Wendling**, présentée par M. Delépine.

Parallèlement aux recherches de MM. H. Gault et J. Burkhard [1] sur les condensations cétoliques de l'éther acétylacétique avec la formaldéhyde, nous avons étudié, dans des conditions analogues, la condensation de l'éther acétylacétique avec l'acétaldéhyde.

Les multiples recherches antérieures sur cette condensation avaient uniquement conduit à des composés bimoléculaire (éther éthylidène-acétylacétique) et trimoléculaire (éther éthylidène-*bis*-acétylacétique) résultant de l'élimination d'une molécule d'eau entre l'oxygène aldéhydique et les atomes d'hydrogène médians de l'éther acétylacétique.

Nous avons pu, au contraire, isoler deux des termes correspondant à la *fixation* directe de l'acétaldéhyde sur l'éther acétylacétique (éthers diéthylol- et monoéthylol-acétylacétiques I et II), (stades intermédiaires, selon nous, de la formation des produits de condensation déjà connus), ainsi qu'un produit de transformation et de condensation secondaire (éther monoéthylol-éthylidène-*bis*-acétylacétique III) :

```
          CH³.CHOH
              |
CH³ — CO — C — COOC²H⁵
              |
          CH³.CHOH
              I.

          CH³ — CHOH
                 |
CH³ — CO — C — COOC²H⁵
                 |
          CH³ — CH
                 |
CH³ — CO — CH — COOC²H⁵
                III.

CH³ — CO — CH — COOC²H⁵
              |
       CH³ — CHOH
             II.
```

Nous donnons dans la présente Note quelques brèves indications sur l'obtention et les propriétés de ces divers composés.

I. Éther αα-diéthylol-acétylacétique $C^{10}H^{18}O^{5}$ (I). — Cet éther se forme par condensation de *deux* molécules d'acétaldéhyde avec *une* molécule d'éther acétylacétique en présence de carbonate de potassium.

---

[1] *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 795.

Mode opératoire. — On verse 130g (1^{mol}) d'éther acétylacétique, par petites portions, dans un mélange de 320g ($2^{mol}+13$ pour 100) d'acétaldéhyde en solution aqueuse à 33 pour 100 et de 6g de carbonate de potassium, maintenu à 0°. On suit la condensation au perchlorure de fer : la réaction colorée devient négative au bout d'une heure environ. On porte la température à — 15° et la solution homogène, amorcée, se prend rapidement en une masse cristalline incolore. Lorsqu'on ne dispose pas d'une amorce, on effectue une première condensation avec un grand excès d'acétaldéhyde (4 à 6^{mol}) et un poids double de carbonate de potassium : la cristallisation commence au bout d'une demi-heure. Dans les deux cas, on essore le produit cristallisé et élimine l'excès d'acétaldéhyde par trois lavages à l'eau glacée. Par recristallisation dans l'éther on obtient l'éther diéthylol-acétylacétique sous forme de très beaux cristaux (rendement 80 pour 100).

L'éther diéthylol-acétylacétique (F. + 33°) est soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène et dans une solution aqueuse d'acétaldéhyde. Il est insoluble dans l'éther de pétrole.

Peu soluble dans l'eau à 0°, il s'y dissout à température ordinaire en se transformant, par perte d'acétaldéhyde, en éther monoéthylol-acétylacétique.

Sa solution alcoolique, tout d'abord incolore au contact du perchlorure de fer, se colore progressivement en rouge (dissociation). Stable à basse température, il se décompose sous l'action de la chaleur avec perte d'acétaldéhyde. Il se dissocie intégralement de la même manière dans le vide sulfurique, au-dessus de 20°, en acétaldéhyde et éther monoéthylol-acétylacétique. En raison de son instabilité, il ne nous a pas été possible d'isoler aucun des dérivés de ses diverses fonctions.

II. Éther α-éthylol-acétylacétique $C^8H^{14}O^4$(II). — Cet éther s'obtient par l'un ou l'autre des deux procédés suivants :

1. *A partir de l'éther diéthylol-acétylacétique*, par dissociation dans le vide sulfurique, au-dessus de 20°; il suffit de suivre pondéralement le départ d'acétaldéhyde.

2. *A partir de l'éther acétylacétique*, par fixation d'*une seule* molécule d'acétaldéhyde en solution aqueuse à 30 pour 100, en présence de carbonate de potassium. Le mélange se présente sous forme d'une émulsion laiteuse que l'on agite pendant plusieurs heures à la machine. On extrait ensuite à l'éther et évapore la solution éthérée à la température ordinaire.

L'éther éthylol-acétylacétique est un liquide huileux incolore instable qui se décompose par distillation, même dans le vide, en donnant un mélange d'éther acétylacétique (par perte d'acétaldéhyde) et d'une petite quantité d'éther éthylidène-acétylacétique (par perte d'eau). Il est soluble

dans la plupart des solvants organiques habituels et insoluble dans l'eau et l'éther de pétrole.

Il donne facilement une *phénylhydrazone* (F. 92°) et une *pyrazolone* (F. 275°).

III. ÉTHER α-ÉTHYLOL-ÉTHYLIDÈNE-BIS-ACÉTYLACÉTIQUE $C^{16}H^{26}O^{7}$ (III). — Cet éther se forme par condensation de deux molécules d'éther monoéthylol-acétylacétique sur elles-mêmes, en présence de diéthylamine, avec élimination simultanée d'une molécule d'eau.

On ajoute à 20g d'éther monoéthylol-acétylacétique 0g,5 de diéthylamine et maintient le mélange pendant une dizaine d'heures au voisinage de —10°. La solution homogène se trouble peu à peu par suite d'une séparation d'eau. On abandonne le mélange pendant 20 heures à 0° et extrait à l'éther. Par évaporation de la solution éthérée, on obtient l'éther monoéthylol-éthylidène-*bis*-acétylacétique sous forme d'une huile épaisse.

Cet éther se décompose lentement à l'air par perte d'une molécule d'acétaldéhyde avec formation d'éther éthylidène-*bis*-acétylacétique qui s'isomérise spontanément en éther hydroxydiméthylcyclohexanedicarboxylique (F. 80°). Il est soluble dans les solvants organiques habituels et insoluble dans l'eau et l'éther de pétrole. Sa solution alcoolique est colorée en bleu violet par le perchlorure de fer.

Il donne une bis-*pysazolone* (F. 267°-268°).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'application de la méthode de Valouch, pour mesurer les constantes des réseaux cristallins, à la méthode de précision de Kunzl et Köppel.* Note (1) de MM. **F. Bouchal** et **V. Dolejsek**, présentée par M. M. de Broglie.

La précision de mesure des constantes des réseaux cristallins est bornée par la difficulté de l'ajustement précis de la surface du cristal dans l'axe du spectrographe. Les erreurs causées par le fait que la surface ajustée du cristal ne coïncide pas avec le plan de réflection (par exemple à cause de la pénétration des rayons) sont considérablement éliminées par la méthode Kunzl-Köppel (2). Les auteurs ont vérifié cette méthode en mesurant la

(1) Séance du 29 octobre 1934.

(2) V. Kunzl et J. Köppel, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 940; *Journal de Phys.*, **5**, 1934, p. 145.

constante de la face rhomboédrique du quartz [1]. Leur méthode a pris origine dans des travaux de Pavelka qui, à l'aide de l'équation de Bragg (sans correction), a mesuré pour la détermination approximative des constantes des réseaux la différence des deux angles de la même ligne en deux ordres différents. En appliquant l'équation précise de Bragg, Kunzl et Köppel ont élaboré une méthode précise, qui a montré l'avantage de mesurer la différence K des deux angles de réflection φ, au lieu de mesurer directement les angles de réflection φ.

En même temps que Pavelka, Valouch [2] a indiqué (en cherchant des réseaux cristallins convenables pour la spectrographie des rayons X) une méthode pour mesurer approximativement les constantes des réseaux cristallins. Cette méthode se base sur la mesure de la différence des angles de réflexion du même ordre pour deux lignes différentes; dans ce cas la loi de Bragg est exactement valable. Il n'est pas nécessaire de déterminer pour chaque valeur fictive, l'équation approximative, comme l'ont fait Kunzl et Köppel.

En appliquant deux équations de Bragg pour le même ordre, mais pour des longueurs d'onde différentes,

$$n\lambda_\nu = 2d\sin\varphi_{n\nu}, \qquad n\lambda_\mu = 2d\sin\varphi_{n\mu},$$

et en divisant la somme de ces deux équations par leur différence, nous en dérivons pour les valeurs de chaque constante fictive du réseau la formule suivante :

$$d_n = \frac{n}{4}\left[\left(\frac{\lambda_\nu - \lambda_\mu}{\sin\frac{k}{2}}\right)^2 + \left(\frac{\lambda_\nu + \lambda_\mu}{\cos\frac{k}{2}}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}},$$

où $k = \varphi_\nu - \varphi_\mu$ et $\lambda_\nu > \lambda_\mu$. A l'inverse de la méthode de Kunzl-Köppel, chaque valeur fictive d_n s'accorde avec les valeurs d_n, calculées directement à partir des angles de réflection. Tous les avantages de la méthode Kunzl-Köppel sont conservés.

En mesurant la constante de la surface rhomboédrique du quartz, nous voulons montrer quelle précision il est possible d'obtenir par cette méthode. Pour mesurer l'angle K, nous avons opéré comme Siegbahn pour mesurer exactement l'angle φ dans la méthode photographique. Dans nos mesures,

---

(1) V. KUNZL et J. KÖPPEL, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 787.
(2) M. VALOUCH, *Bulletin de l'Acad. des Sciences de Bohême*, 44, 1927, p. 1.

nous avons fait usage des principales lignes de la série K du cuivre :

$$\text{Cu K}\alpha_1 : \lambda = 1537{,}395 \text{ unités X}, \quad \text{Cu K}\beta_1 : \lambda = 1389{,}35 \text{ unités X},$$

et nous avons obtenu au premier et second ordre pour l'angle K (à la température de 18°C.) les valeurs suivantes :

$$K_I = 1^\circ 18' 11'',0, \quad K_{II} = 2^\circ 49' 45'',9.$$

A cela correspondent, d'après notre équation, les valeurs des constantes de réseau :

$$d_1 = 3336{,}11 \text{ X. U.}, \quad d_2 = 3336{,}46 \text{ X. U.}, \quad \ldots, \quad d_\infty = 3336{,}62 \text{ X. U.}$$

En comparant ce résultat avec le résultat obtenu par Kunzl-Köppel pour la surface rhomboédrique du quartz,

$$d_\infty = 3336{,}63 \text{ X. U.},$$

nous voyons que l'accord est très bon.

Siegbahn et Dolejšek ont obtenu, à l'aide des lignes $\text{CuK}\alpha_1$, $\text{FeK}\alpha_1$, $\text{CrK}\alpha_1$, la valeur $d_1 = 4246{,}64$ pour la face prismatique du quartz. Cette valeur est considérablement différente de la valeur la plus nouvelle de Berquist, $d_1 = 4244{,}92$, mesurée en ajustant le cristal à 1/1000e de millimètre. Si nous recalculons (pour pouvoir comparer ces deux valeurs) la valeur de Siegbahn-Dolejšek à l'aide des mêmes longueurs d'onde dont s'est servi Berquist, nous obtenons $d_1 = 4246{,}86$. Si nous calculons les angles k en utilisant les angles φ respectifs, mesurés par Siegbahn-Dolejšek et si nous déterminons à l'aide de notre équation la constante du réseau cristallin, nous obtenons :

	k.	*d.*	
Cu-Fe	2°.43′.16″,4	4245,02	4244,92 X. U.
Fe-Cr	2.27.33,6	4244,82	
Cu-Cr	5.10.50	4244,93	

Parce que les angles φ dans ce cas ont été mesurés avec un seul réglage, l'erreur d'ajustement restait constante et parce qu'elle est restée constante, elle est éliminée par notre méthode. A cause de cela cette valeur doit être considérée comme plus exacte que celle calculée directement par l'angle de réflection. On voit aussi que cette valeur s'accorde mieux avec celle de Berquist.

La méthode qui vient d'être décrite peut donc servir à contrôler des résultats déjà obtenus en calculant simplement l'angle K pour les angles de réflection qui ont servi à leur détermination.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Insectes fossiles des terrains oligocènes des Camoins, de Céreste et d'Aix-en-Provence.* Note de M. **Nicolas Théobald**, présentée par M. Charles Jacob.

1. Le gisement de calcaires lacustres sannoisiens des Camoins, près Marseille, a fourni une douzaine d'Insectes fossiles, appartenant aux Coléoptères (Limniidæ), aux Hyménoptères (Pimplidæ, Apidæ), aux Diptères (Mycetophilidæ, Bibionidæ, Bombylidæ, Borboridæ) et aux Hémiptères (Ligæidæ).

2. La faune de Céreste (Basses-Alpes), plus riche en individus et en espèces, renferme des Odonates (Calopterigidæ), des Coléoptères (nombreux Rhynchophores, dont *Hipporhinus Heeri* Germar, *Cleonus asperulus* Heer et *Sitones margarum* Germar), des Hyménoptères (Formicidæ), des Diptères (Bibionidæ, Culicidæ, Tipulidæ, Tabanidæ) et des Hémiptères (par exemple : *Pachymerus Bojeri* Heer et *Heterogaster pumilio* Heer). Presque tous les éléments de cette faune sont identiques à des espèces existant dans le célèbre gisement d'Aix-en-Provence; il y a quatre espèces nouvelles.

3. Le gisement d'Aix, d'âge chattien ([1]), a fourni plusieurs milliers d'échantillons. Environ 140 espèces ont déjà été décrites et figurées ([2]); en outre de nombreux genres ont été simplement cités. Parmi les espèces nouvelles, il y a lieu de mentionner :

Coléoptères : Carabidæ : *Calosoma* n. sp.; Buprestidæ : *Capnodis* n. sp. — Hyménoptères : Ichneumonidæ : 10 esp. appartenant aux genres *Pimpla*, *Plectiscus*, *Lytarmes*, *Exeristes*, *Exetastes*, *Bassus*, *Tilgida*, *Ophion*; Braconidæ : 4 esp.; Chalcididæ : *Pteromalus* n. sp.; Serphidæ : *Belyta* n. sp.; Formicidæ : 15 esp.; Pompilidæ : 2 esp. — Trichoptères : 1 esp. — Lépidoptères : 2 esp. — Diptères : Mycetophilidæ : 7 esp.; Bibionidæ : 12 esp.; Chironomidæ : 2 esp.; Tipulidæ : 2 esp.; Dixidæ : 1 esp.; Bombylidæ : 2 esp.; Syrphidæ : 1 esp.; Borboridæ : 2 esp.; Muscidæ : 1 esp. — Hémiptères : 8 esp. appartenant aux Reduviidæ, Lygaeidæ, Coreidæ, Pentatomidæ, Veliidæ, Cercopidæ et Aphididæ.

En dehors des Insectes terrestres (Lépidoptères et Formicidæ), qui ont dû être entraînés par des cours d'eau ou par le vent, il existe de nombreuses formes aquatiques (Hydrophilidæ et Gerridæ), ayant des larves

---

([1]) G. Denizot, *Bull. Soc. géol. France*, 4e série, **24**, 1929, p. 205.

([2]) M. de Serres, *Géogn. terr. tert.*, 1829; O. Heer, *Viertelj. naturf. Ges. Zurich*, **1**, 1856, p. 1; E. Oustalet, *Rech. sur les Ins. foss.* (*Thèse*, Paris, 1874); F. Meunier, *Verh. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam*, 2e sect., **18**, 1915, p. 5.

aquatiques (Libellulidæ et Chironomidæ), vivant aux bords de l'eau (Cleonidæ), ou dans les sous-bois humides (Mycetophilidæ et Bibionidæ) et qui ont été ensevelies sur place.

On peut même reconnaître dans certains cas des associations biologiques probables. Les Insectes parasites sont nombreux dans la faune d'Aix; on trouve aussi parfois les hôtes correspondants. Les Ichneumonidés, particulièrement intéressants à cause de leurs larves entomophages, sont abondants et d'une grande variété. Il existe aussi des Lépidoptères, Diptères et Hyménoptères dont certains ont été parasités par les Ichneumons; ainsi les Syrphidés ont fort probablement été parasités par les larves du g. *Bassus* ainsi que l'on peut l'observer encore de nos jours. Quant aux larves de Syrphidés, elles-mêmes ont vécu sans doute aux dépens des Aphidiens.

Cette étude montre l'existence à Aix de Buprestidæ de grande taille, de Pompilidæ, de Dixidæ et de Muscidæ, familles non encore décrites de ce gisement. Dans cette faune dominent les Coléoptères, les Hyménoptères et les Diptères; ces derniers sont caractérisés par l'abondance des Bibionidæ et des Mycetophilidæ.

Beaucoup d'échantillons, d'une conservation admirable, peuvent être comparés aux espèces actuelles les plus voisines. On les rencontre le plus souvent dans les contrées chaudes du globe, en particulier autour de l'océan Indien, dans les Indes, les îles de la Sonde, l'Australie, le Madagascar et l'Afrique. Mais il y a aussi des espèces ayant leurs représentants dans la faune actuelle des régions méditerranéennes et de l'Europe centrale. Le climat des environs d'Aix a été à cette époque plus chaud que de nos jours.

Le gisement le plus voisin, tant par la représentation des principaux groupes d'Insectes que par l'identité des espèces, est celui de Céreste. Les deux faunes ont dû vivre dans des conditions semblables et sont probablement du même âge.

Parmi les gisements antérieurs, il faut citer en premier lieu ceux des bassins oligocènes d'Auvergne (Corent), puis Les Camoins, Célas et Kleinkembs-Brunnstatt (1). Parmi les gisements postérieurs, les plus voisins sont ceux de Rott (Sept Montagnes) et de Radoboj en Croatie où l'on retrouve certaines formes d'Aix.

---

(1) N. Théobald, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 280 et 1939.

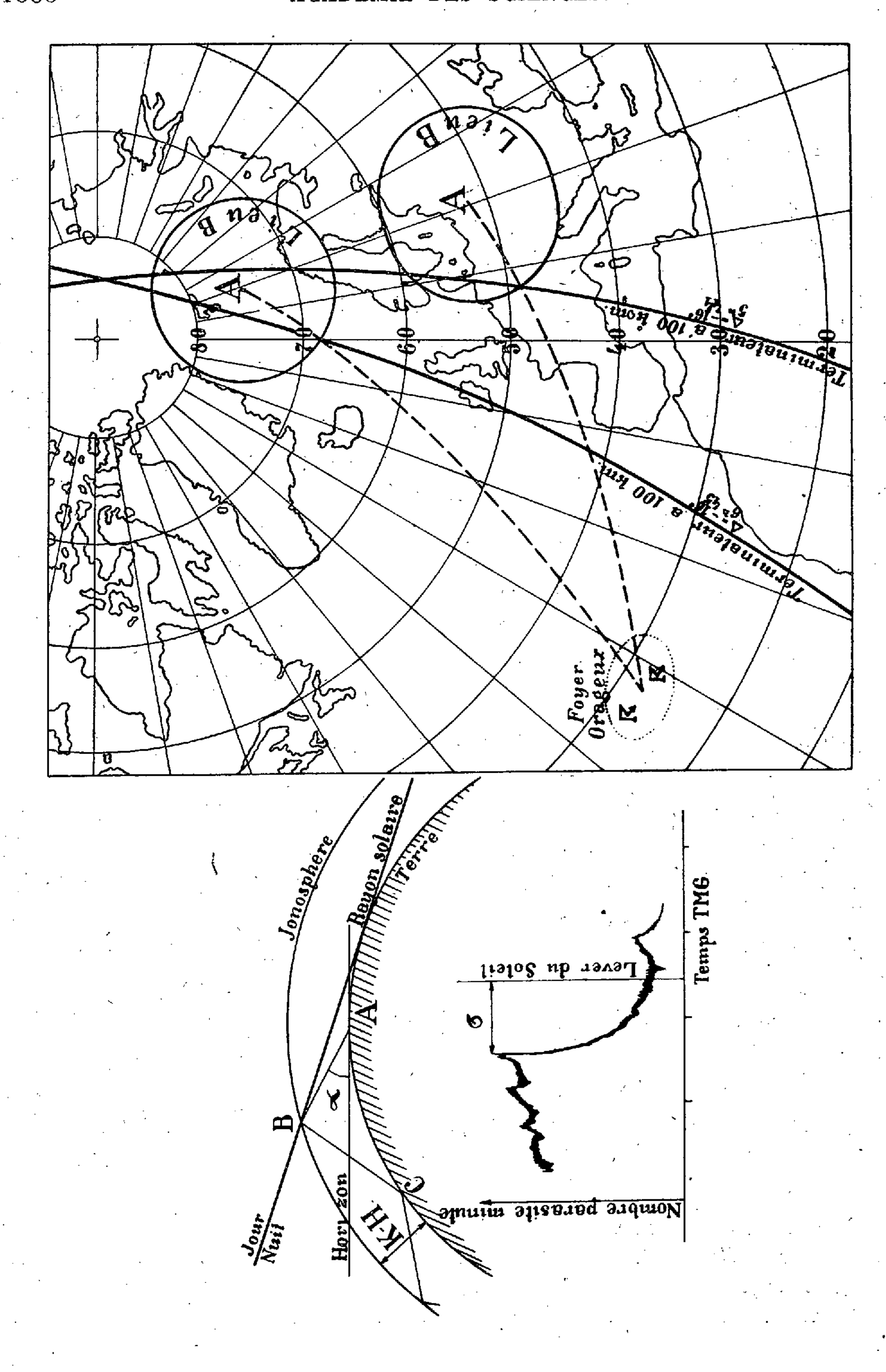
RADIOMÉTÉOROLOGIE. — *Localisation à grande distance des foyers de parasites atmosphériques sans radiogoniomètre*. Note (1) de M. **Jean Lugeon**, présentée par M. Ch. Maurain.

La courbe d'enregistrement des parasites issus d'un foyer lointain se brise brusquement, peu avant le lever du Soleil, à l'instant où le premier rayon lumineux vient éclairer la région de l'ionosphère qui réfracte vers le sol les rayons électromagnétiques parasites; c'est une des propriétés utilisées dans mes méthodes de sondage (2). Le temps σ qui s'écoule entre cette cassure et le lever à l'horizon du récepteur A dépend de l'angle α du rayon électromagnétique avec l'horizon, de l'altitude K-H de la région réfractante et de l'azimut du Soleil. Pour α et K-H supposés constants, ce temps est maximum σ_m, si l'azimut du Soleil coïncide avec le plan de propagation, et minimum si cet azimut est perpendiculaire à ce plan. L'azimut A_z du foyer de parasites est dès lors connu, $A_\odot$ étant l'azimut du Soleil :

$$A_z = n\pi + A_\odot \pm \tau, \qquad \text{où} \qquad \cos\tau = \frac{\sin\frac{\sigma}{2}\cos\left(\frac{\sigma_m}{2}+\alpha\right)}{\cos\left(\frac{\sigma}{2}+\alpha\right)\sin\frac{\sigma_m}{2}}.$$

Détermination graphique de l'azimut. — Le lieu des points de réfraction B dans l'ionosphère est un cercle, soit la base du cône dont le sommet est le récepteur A et la génératrice le rayon réfracté. On projette ce cercle sur la carte, ainsi que le cercle terminateur à l'altitude K-H de B, soit le lieu des points où le Soleil se lève au même moment σ, correspondant à la brisure de la courbe. Les deux points d'intersection du terminateur et du cercle B, joints au récepteur A, donnent deux azimuts du foyer. Il est facile d'en lever le doute, presque tous les foyers décelés en Europe centrale se trouvant dans les directions sud et ouest au lever (3). Avec deux enregistreurs distants de plusieurs centaines de kilomètres, on déterminera aisément les coordonnées géographiques des foyers par cette nouvelle méthode, ainsi que je l'avais déjà annoncé en 1929 (4). C. Cent-

(1) Séance du 29 octobre 1934.
(2) Lugeon, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1114 et 1690.
(3) Lugeon, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1712; Bureau, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1057.
(4) *Arch. Sc. phys. et nat.*, 11, p. 255, Genève, 1929.


Lieu B
A
Lieu B
A
80
70
60
50
40
30
20
Terminateur à 100 km.
Terminateur à 100 km.
Foyer Orageux
K
K
Jonosphère
Rayon solaire
Terre
B
A
C
α
Jour
Nuit
Horizon
K-H
Lever du Soleil
σ
Nombre parasite minute
Temps TMG

kiewicz, membre de l'*Année Polaire*, a fait ce travail pour 180 jours d'enregistrements à l'Ile des Ours et à Jablonna (Pologne). Les recoupements coïncident remarquablement avec les orages des trois continents et de l'Atlantique, relevés par les cartes météorologiques. Il a été possible, ainsi, de suivre pendant plusieurs jours consécutifs à des milliers de kilomètres de distance, des perturbations orageuses traversant les États-Unis et l'Atlantique, confirmant mes constatations et théories antérieures du Sahara et de Zurich (1). En outre, trente azimuts du goniographe de M. Bureau, à Saint-Cyr, concordent avec les miens, ainsi que ceux du goniographe de Jablonna, ce qui fortifie ma thèse. K-H a été considéré ici à 100^{km} et l'angle α, obtenu par approximations successives, vaut en moyenne 2° pour les enregistreurs utilisés, accordés sur 11000^{m}. Il varie légèrement avec la distance du foyer si l'on admet la propagation par réflexions successives, mais sans que cela influence notablement l'azimut. Sur 7000^{m}, α conserve presque la même valeur; par contre pour un enregistrement apériodique, cet angle tend vers zéro, ce qui laisse supposer que la région réfractante pour les fréquences très basses est parfois au-dessous de l'horizon du récepteur.

BOTANIQUE. — *La bipolarité sexuelle entre Ascomycètes d'espèces différentes.* Note (2) de M. **Fernand Moreau** et Mlle **C. Moruzi.**

Nous avons montré (3) que, lorsque des souches hétérothalliques de *Neurospora sitophila* Shear et Dodge sont confrontées avec une souche hétérothallique du *N. tetrasperma* Sehar et Dodge, plusieurs des premières, toutes du même signe, provoquent chez celle-ci des réactions sexuelles plus ou moins accusées se traduisant par la formation de sclérotes volumineux ayant la valeur d'ébauches périthéciales.

Ce sont les résultats de l'épreuve inverse que nous apportons dans la présente Note.

Nous avons isolé plusieurs spores de petite taille du *N. tetrasperma;* elles nous ont fourni des souches hétérothalliques qui portent dans notre collection les numéros 224, 227, 228, 229, 230. Ces souches sont dissemblables :

(1) Lugeon, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 525, et *Arch. Sc. phys. et nat.*, **12**, Genève, 1930, p. 403.

(2) Séance du 29 octobre 1934.

(3) F. Moreau et Mlle C. Moruzi, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1533.

224, 228, 230 sont conidiales, 227, 229 sont asporiques; elles diffèrent encore par leur comportement sexuel. Quand on les associe deux à deux de toutes les manières possibles, on reconnaît qu'elles constituent deux groupes affectés chacun d'un signe différent : 227 et 229 forment un premier groupe, 224, 228, 230 en font un autre. A l'intérieur de chaque groupe, les confrontations des souches deux à deux demeurent stériles, mais si une souche d'un groupe est mise en face d'une souche de l'autre, on observe la formation de périthèces du type normal des périthèces du *N. tetrasperma*, aux asques tétrasporés.

Ce matériel de souches unisexuées du *N. tetrasperma* a été mis en présence des souches A et B, de signes opposés, isolées par Dodge dans l'espèce *N. sitophila*.

Toutes les confrontations avec B sont demeurées stériles; quelques unes de celles faites avec A ont fourni des sclérotes volumineux dans la région de la culture où avait été fait le semis du *N. tetrasperma* : ce sont celles dans lesquelles A était associé aux souches 224, 228, 230, toutes de même signe. La réunion de A et des souches de l'autre groupe est sans effet.

En conséquence, nous demeurons fondés à tenir la formation des sclérotes des *Neurospora* comme une manifestation atténuée de l'activité sexuelle de ces champignons : elle s'observe dans des cultures mixtes de souches hétérothalliques de *Neurospora* d'espèces différentes et elle obéit à des règles qui rappellent celles de la bipolarité sexuelle.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité d'un Maïs anormal.* Note de M. **L. Hédin**, présentée par M. Blaringhem.

Le problème de l'origine du Maïs cultivé a donné lieu à un grand nombre de communications, notamment de la part d'auteurs américains [1].

Quelles que soient les conclusions auxquelles les différents chercheurs soient arrivés, il nous a paru intéressant de suivre à nouveau la descendance de pieds monstrueux, en évitant soigneusement tout vicinisme susceptible d'entacher d'erreurs nos résultats.

Nous sommes parti en 1933 d'un pied anormal de Maïs de Pennsylvanie, cultivé avec quelques autres dans notre jardin à Dieppe, et dès l'apparition de ses caractères tératologiques, nous avons détruit les inflorescences mâles

---

(1) Voir aussi les discussions entre Ed. Griffon et L. Blaringhem. *Bul. Soc. bot. de France*, 57, 1910, p. 604; 58, 1911, p. 251 et 299.

des Maïs normaux voisins de façon à assurer l'autofécondation du pied normal.

Ce pied, semé le 18 mai 1933, haut de $2^{m},55$, portait douze feuilles fortement pubescentes à la base, et une inflorescence mâle terminale, normalement constituée.

A l'aisselle de la sixième feuille était inséré un épi femelle, prolongé par une inflorescence mâle terminale; deux spathes de cet épi étaient prolongés par un limbe bien développé. A la base de la septième feuille, un axe ramifié, présentant une torsion marquée, portait trois groupes d'épis femelles également prolongés par une inflorescence mâle : seul l'épi terminal présente neuf spathes, toutes terminées par un limbe variant de 4 à 28^{cm}; un autre groupe, dont la spathe terminale est seule prolongée par un limbe de 6^{cm}, comprend trois épis; le dernier groupe est formé de deux épis entourés d'une spathe à limbe de 3^{cm}. La huitième feuille protège l'insertion de deux groupes d'épis; seul le plus développé est entouré de spathes à limbe largement étalé.

Tous les épis observés sur ce pied anormal étaient monoïques.

Une soixantaine de grains, récoltés fin septembre sur les épis terminaux des 7e et 8e feuilles, dont un grand nombre ridés par suite d'une maturité insuffisante, furent semés en deux fois, le 30 avril et le 28 mai 1934. Les gelées détruisirent un grand nombre de pieds nés du premier semis trop précoce; tous ceux qui résistèrent, développèrent des suceurs, dont nous indiquons plus loin les épis anormaux.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'hérédité des trois caractères suivants réunis dans notre Maïs initial : 1° ramification du pédoncule floral latéral; 2° monœcie de l'épi; 3° étalement en limbe de l'extrémité des spathes. Voici les observations que nous avons pu faire sur la récolte de 1934 :

1° La ramification du pédoncule floral est constante (sauf pour 1 pied sur 37 observés). Toutefois, le plus souvent comme dans le type initial, les épis inférieurs ne sont pas ramifiés.

2° Alors que la monœcie était présente dans tous les épis du Maïs initial, elle n'est pas constante sur les Maïs de la récolte 1934 : 2 pieds ne portaient aucun épi monoïque, et quelques-uns (5 sur 37) présentaient un mélange d'épis de Maïs monoïques et d'épis uniquement femelles.

L'hérédité de la monœcie des épis n'est pas constante; par la juxtaposition de caractères normaux et anormaux, elle rappelle l'hérédité mosaïque ou naudinienne de M. L. Blaringhem.

3° L'hérédité du caractère « étalement en limbe de l'extrémité des spathes » se manifeste suivant le même mécanisme. Notons de suite qu'il n'y a aucune liaison entre ce caractère et la monœcie; cependant il arrive souvent que dans les cas où l'extrémité de la spathe s'étale largement en limbe, la monœcie de l'épi est marquée par un développement très long de l'inflorescence mâle. Mais la monœcie est plus fréquente que ce dernier caractère.

D'autres épis monstrueux furent observés sur les suceurs du premier semis : une inflorescence terminale mâle renfermait un épi femelle peu fertile (2 grains); un suceur se terminait par une inflorescence groupée de dix épis femelles et un épi mâle, entourés de spathes ressemblant à de petites feuilles. Nous avons ainsi observé la transformation de l'axe de l'inflorescence mâle de certains épis monoïques en épi femelle. Toutes ces métamorphoses sexuelles ont été signalées dans les ouvrages de tératologie végétale de K. Müller (1858), de G. Kraft (1870) et de O. Penzig (1885 et 1894), puis par M. L. Blaringhem. Ce que nous voulons retenir, c'est que les épis monoïques sont en général plus courts que les épis normaux avec un nombre plus grand de grains avortés, et beaucoup plus tardifs. On comprend de quelle façon dans la culture les individus monstrueux se trouvent éliminés.

Les observations faites précédemment ne sont pas suffisantes pour permettre de conclure à l'hérédité des anomalies signalées; mais il est certain que les phénomènes de nutrition ne suffisent pas à expliquer la constance, sur des semis espacés d'un mois, de la transmission sinon des caractères envisagés, tout au moins de la tendance, au sens attaché à ce mot par la philosophie de M. Bergson, à la monstruosité.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la faculté et l'énergie germinative de graines sèches irradiées*. Note (¹) de Mme **Suzanne Lallemand**, présentée par M. M. Caullery.

Selon de nombreux auteurs l'irradiation de graines sèches n'empêche pas la germination, même lorsque les doses utilisées sont fortes. Ainsi l'apparition du germe n'a été, ni empêchée, ni retardée dans les expériences

(¹) Séance du 5 novembre 1934.

de Kœrnicke (1) (dose employée, 40 H), ni dans celles de Czepa (2) (300 H) ni dans les miennes (3) (150 H); Maisin et Masy (4) n'ont pu arrêter la germination en soumettant des graines à l'action d'une dose de 60000 R.

Toutefois O. Hertwig (5) a constaté une diminution de l'énergie germinative après l'action des rayons X. J'ai repris l'étude de l'action des rayons X sur la germination en employant de très fortes doses. L'objet étudié est la lentille, *Lens esculenta*, utilisée à l'état de graine sèche. Les lentilles mises en expérience sont au nombre de 100 graines par lot. Les conditions d'irradiation sont les suivantes : distance objet anticathode 50^{cm}; 190 kw; 4 mA; filtre 1/3 de millimètre d'aluminium. La dose est appliquée en un nombre variable de séances. Dans ces conditions la dose de 100000 r. est donnée en 8 heures 12 minutes.

Les graines sont mises en germination entre deux feuilles de coton humide à la température du laboratoire 20° en moyenne. Les résultats sont les suivants :

Application d'une dose de 50000 r. La faculté germinative des lentilles irradiées a été de 97,6 pour 100, celle des lentilles témoins étant de 98 pour 100. L'action de cette dose semble donc sans effet sur la germination. Cependant l'énergie germinative est légèrement modifiée chez les graines irradiées, car celles-ci germent en trois jours, alors que les semences témoins germent en deux jours. Les racines des graines irradiées cessent de croître lorsqu'elles ont atteint une longueur de 15^{mm}, elles brunissent et meurent.

Application d'une dose de 100000 r. — La faculté germinative des graines irradiées a été de 93,5 pour 100. L'énergie germinative a été diminuée, les semences ayant germé en 4 jours. La longueur des racines n'a pas dépassé 10^{mm}.

Application d'une dose de 200000 r. — La faculté germinative des lentilles irradiées a été de 90,6 pour 100. Les semences ont germé en 4 jours. Les racines ont atteint une longueur de 10^{mm}.

Application d'une dose de 500000 r. — La faculté germinative des graines irradiées est tombée à 12,7 pour 100. Les lentilles ont germé pendant 7 jours. Les racines sont mortes après avoir atteint 7^{mm} en moyenne.

Application d'une dose de 750000 r. — La faculté germinative n'a plus été que de 3 pour 100.

Application d'une dose de 1000000 r. — La faculté germinative est nulle.

---

(1) *Ber d. deutschen botan. Gesellschaft*, 22, 1904, p. 148.

(2) *Fortsch. a. d. Gebiete d. Röntgenstrahlen*, 32, 1924, p. 65.

(3) S. Lallemand, *Étude de l'action des rayons X sur le développement des plantes* (*Thèse doct. Sciences*, Strasbourg, 1929).

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1928, p. 886.

(5) *Allgemeine Biologie*, 23, 1924, p. 65.

En résumé, l'énergie germinative a été diminuée dans toutes les expériences tandis que la faculté germinative n'a commencé à diminuer qu'après l'application d'une dose de 200000 r., pour devenir très faible après celle de 500000 r. et nulle après celle de 1000000 r.

Ayant obtenu la dose qui, chez *Lens esculenta*, empêche toute germination, j'ai cherché à savoir par quel mécanisme les rayons X réalisaient cet effet. Dans ce but, j'ai soumis à l'étude cytologique les racines des graines irradiées. Les racines ont été fixées dans le liquide de Bouin et colorées à l'hématoxyline ferrique. L'examen microscopique montre que des racines appartenant aux graines soumises à l'action d'une dose de 1000000 r., fixées *huit heures* après la mise en germination, ne laissent voir que des noyaux au repos, dans lesquels on ne constate aucune lésion certaine. Par contre les racines fixées *vingt-quatre heures* après la mise en germination présentent tous leurs noyaux en pycnose. Les cellules irradiées ne sont donc pas tuées avant la mise en germination; elles meurent au cours de l'hydratation. Il ne se réalise aucune mitose dans les cellules irradiées avec une dose très forte. Cette absence de mitose est-elle la cause de l'absence de germination? L'examen cytologique des racines de lentilles témoins, pratiqué dès l'apparition du germe hors des téguments, alors que la partie visible de la racine ne dépasse pas 1^{mm} de long, ne permet de déceler aucune mitose. Chez la lentille, l'apparition du germe n'est donc pas conditionnée par l'augmentation du nombre des cellules, mais seulement par leur augmentation de volume. Dans ces conditions, l'hydratation est-elle troublée après une forte irradiation et ce trouble peut-il expliquer la perte du pouvoir germinatif? Comparant des coupes faites dans des racines de graines sèches et dans des racines de graines germées (germe de 1^{mm} de long), j'ai pu constater une très grande différence dans le volume des cellules et plus particulièrement dans celui des cellules situées près de l'insertion des cotylédons. Les cellules des graines fortement irradiées (500000 et 1000000 r.) montrent un volume intermédiaire entre le petit volume des cellules de la racine des graines sèches et le grand volume des mêmes cellules au début de la germination.

Conclusion. — L'application de très fortes doses de rayons X (1000000 r.) à des graines sèches de *Lens esculenta* annihile totalement leur pouvoir germinatif. La lésion créée par les rayons X dans les cellules du germe détermine leur mort, non pas lors de l'irradiation, mais pendant la période d'hydratation qui suit la mise en germination. Il en résulte que le germe n'atteint pas un volume suffisant pour assurer sa sortie hors des téguments.

ZOOLOGIE. — *Recherches sur le cycle évolutif d'*Euryhelmis squamula (*Rud.*) Note [1] de MM. **Charles Joyeux, Jean-Georges Baer** et **Pierre Carrère**, présentée par M. Caullery.

Euryhelmis squamula (Rud., 1819), Trématode Hétérophyidé, facile à reconnaître par la grande largeur de son corps, vit dans l'intestin du Putois : *Putorius putorius* (L.). Nous renvoyons, pour l'histoire de ce Ver, au travail de l'un de nous [2] : notons seulement qu'il est déjà signalé dans le midi de la France, Dujardin l'ayant abondamment observé en 1840, chez deux Putois à Toulouse. Son cycle évolutif est inconnu; cependant on admet généralement que la métacercaire vit dans des kystes sous-cutanés, chez les Grenouilles et les Crapauds; l'un de nous (Baer, *loc. cit.*) l'a observée chez le Triton à crête. Mais cette correspondance n'avait pas été vérifiée expérimentalement jusqu'à ce jour.

Métacercaire. — Nous avons retrouvé la métacercaire en question chez des *Rana esculenta* L. provenant des environs de Marseille. Les têtards et les jeunes Grenouilles, récoltés d'août à novembre (environ 400), sont tous parasités sans exception; par contre les *R. esculenta* adultes sont indemnes. Chez le têtard, les kystes siègent sur tout le corps et sur la queue. Nous nous proposons d'étudier leur destinée lors de l'atrophie de cet organe, au moment de la métamorphose : remarquons, dès maintenant, qu'ils semblent s'entasser dans le moignon de régression et débordent dans la région lombaire. Le nombre des kystes est souvent considérable; on en trouve jusqu'à 80 chez une jeune Grenouille. Ils siègent dans le derme, au-dessous de la couche pigmentaire. Ils sont eux-mêmes assez souvent entourés de pigments; la réaction de l'hôte est faible ou nulle. Le kyste mesure de 300 à 400$^\mu$ de diamètre. La métacercaire, extraite par dissection ou par digestion de son enveloppe, a une forme variable, qui n'est pas toujours aussi élargie qu'on la représente. Nous lui trouvons environ 425$^\mu$ de long sur 500$^\mu$ de large, mais ces dimensions se modifient par des artifices de préparation. Le tube digestif, l'appareil excréteur sont formés. Les testicules sont ovalaires, parfois lobés. Ces deux états ne paraissent pas tenir à l'âge du Trématode, puisque nous avons observé des testicules lobés dans une métacercaire provenant du têtard et que, d'autre part, des Vers adultes les présentent ova-

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.

(2) J-G. Baer, *Revue suisse de Zoologie*, 38, 1931, p. 328.

laires. On distingue aussi l'ébauche de l'utérus; mais le développement des organes génitaux ne semble pas aller plus loin, au moins pendant l'été : nous n'avons jamais constaté de progenèse.

Évolution. — Nous avons essayé de déterminer l'évolution de cette métacercaire en la faisant ingérer à plusieurs Vertébrés. En raison de l'abondance des Couleuvres : *T. natrix* L. et *T. viperinus* (Lat.) dans le gîte de nos Grenouilles, nous avons tenté l'infestation de ces Reptiles. Les kystes éclosent en partie dans la dernière portion de l'intestin, mais sont digérés ou évacués. Le Rat est également réfractaire. Les Carnivores eux-mêmes ne semblent s'infester qu'à l'état jeune. Nous avons échoué en essayant de conférer le parasitisme à deux Furets âgés, représentant cependant l'hôte normal domestiqué. Par contre, deux jeunes Chats, ayant respectivement 3 et 7 mois, ont contracté le Trématode. L'évolution est rapide : l'autopsie, faite 4 jours après l'infestation, montre des Vers légèrement augmentés de taille (475^{μ} de long sur 550^{μ} de large en moyenne). Les organes femelles sont formés. Les deux tiers des parasites ont déjà des œufs (7 à 33) dans l'utérus. La taille de ces œufs varie de 25 à 36^{μ} sur 16 à 22^{μ}, la moyenne étant de 32^{μ} sur 17^{μ}. Ces irrégularités ne correspondent pas au degré de maturation : on observe dans le tube utérin toutes les tailles sans aucun ordre. Le renflement du pôle postérieur n'est pas constant.

Les œufs commencent à apparaître dans les selles au cinquième jour. Ils montrent une plus grande régularité de taille que dans l'utérus, soit 30 à 35^{μ} sur 16 à 19^{μ}. L'autopsie du Chat, faite au sixième jour, est positive. Les *Euryhelmis squamula*, en grande abondance, ont augmenté de taille; ils mesurent 600^{μ} de long sur 700^{μ} de large. Ces dimensions, plus faibles que celles du Ver observé dans la nature, sont sans doute à mettre sur le compte de l'hôte expérimental, ou peut-être du jeune âge du parasite. Néanmoins l'anatomie est suffisamment caractéristique pour permettre d'affirmer la diagnose. L'utérus contient maintenant de 45 à 80 œufs.

Chez les deux Chats, les Trématodes sont logés dans la portion terminale de l'intestin grêle, soit dans les huit derniers centimètres d'un intestin mesurant $1^{m},10$.

Tous les Mollusques examinés dans notre gîte étaient indemnes de formes larvaires, sans doute par suite de la saison trop avancée. Au printemps prochain, nous en examinerons de nouveaux et nous tenterons la réalisation du cycle complet.

BIOLOGIE. — *La parthénogenèse des Phasmes.* Note (¹) de MM. **Pierre Cappe de Baillon**, **Maurice Favrelle** et **Georges de Vichet**, présentée par M. M. Caullery.

L'élevage, suivi pendant plusieurs années, d'une quinzaine d'espèces de Phasmes appartenant à diverses tribus a fourni, sur la parthénogenèse du groupe, un certain nombre de données qui dès maintenant peuvent être considérées comme acquises.

Comme il a été dit (²), la parthénogenèse, c'est-à-dire la faculté de pondre des œufs capables de se développer sans fécondation, est commune à tous les Phasmes étudiés : elle s'ajoute à la reproduction par voie bisexuée chez la plupart des espèces (*parthénogenèse facultative*); elle est pour quelques-unes l'unique mode de multiplication (*parthénogenèse constante*).

Au point de vue cytologique, les Phasmes parthénogénétiques présentent des formules chromosomiques de trois types : haploïde, diploïde ou polyploïde.

Dans le cas d'*haploïdie*, les cellules somatiques possèdent la moitié, ou la moitié moins un du nombre normal des chromosomes. Cette haploïdie est partielle : très tôt, aux cellules haploïdes sont associées, chez l'embryon, des cellules diploïdes; elle est transitoire, faisant place à une diploïdie pure dès les premières générations; elle est exceptionnelle et n'a été rencontrée jusqu'ici, que dans le genre *Menexenus*. Le taux des éclosions, faible au début, sans doute à cause de l'haploïdie partielle, s'élève dans la suite, mais ne dépasse guère 2 pour 100. Les larves des premières générations arrivent difficilement à maturité, peut-être pour la même raison. Il y a donc, dans ce cas, une haploïdie initiale (l'haploïdie permanente n'a pas été rencontrée), qui suffit à assurer le début du développement. Une régulation intervient, qui rétablit de bonne heure la diploïdie. C'est là un fait cytologiquement établi en faveur de l'idée émise par Vandel (³), que la parthénogenèse rudimentaire se transforme en une parthénogenèse accidentelle complète, lorsqu'un processus régulateur rétablit le nombre normal des chromosomes de l'espèce.

(¹) Séance du 5 novembre 1934.

(²) *Bull. Biol. France et Belgique*, 68, 1934, p. 109-166.

(³) *La Parthénogenèse*, 1931, p. 280.

Dans la parthénogenèse *diploïde*, les cellules somatiques ont théoriquement $2n$ chromosomes; en réalité, le nombre normal est quelquefois augmenté ou diminué d'une ou plusieurs unités. Le taux des éclosions dépend du nombre des chromosomes de l'espèce : très faible chez les espèces à formules pauvres en éléments, il peut atteindre, chez les autres, 40 et même 50 pour 100 (*Phobaeticus*). Les larves de la première catégorie sont difficiles à élever; celles de la seconde parviennent aisément au stade d'imago. La diploïdie est fréquente chez les Phasmes à parthénogenèse constante; elle constitue tous les cas connus jusqu'ici de parthénogenèse facultative; les races qui lui doivent leur origine se distinguent en général par leur stabilité.

La parthénogenèse *polyploïde* est caractérisée par une formule chromosomique dont le coefficient est souvent élevé et le nombre des éléments presque toujours instable. La polyploïdie n'est pas liée à la fécondation : des cellules polyploïdes se rencontrent dès le début du développement et peuvent coexister, chez l'embryon, avec des cellules diploïdes, ou même haploïdes. Le taux des éclosions, dans la parthénogenèse polyploïde, est voisin de celui des espèces bisexuées. Les larves parcourent sans difficulté tous les stades de la vie larvaire, et l'insecte parfait se reproduit normalement. La parthénogenèse polyploïde est, semble-t-il, la plus commune chez les Phasmes à parthénogenèse constante; les races auxquelles elle donne naissance sont remarquables par leur vigueur, mais aussi par l'instabilité de leurs caractères.

Ces diverses formes de parthénogenèse sont thélytoques; l'apparition des mâles, toujours rare, a lieu en dehors de toute fécondation. Les mâles, à cause de leur origine même, sont rarement des mâles purs, et s'ils peuvent s'accoupler, l'accouplement n'est pas suivi de fécondation.

La présence ou l'absence de mâles ne joue aucun rôle dans l'apparition de la parthénogenèse. Une race parthénogénétique, isolée ou non de la lignée bisexuée, doit son origine première à la constitution cytologique de l'œuf normal de l'espèce.

TÉRATOGENÈSE. — *Sur une méthode tératogénique directe.* Note [1] de MM. **Paul Ancel** et **Etienne Wolff**, présentée par M. M. Caullery.

Les destructions localisées du blastoderme constituent une excellente méthode expérimentale embryologique et tératologique, mais à la condition expresse de parfaitement localiser les lésions. C'est ainsi qu'on a été amené à abandonner les moyens mécaniques de destruction, pour faire appel aux rayons X, au radium et aux rayons ultraviolets. Certains auteurs ont cru pouvoir délimiter d'une façon suffisamment précise un territoire blastodermique à irradier, en interposant un écran entre la source des rayons et l'objet, cette technique est cependant tout à fait insuffisante, car il existe toujours une zone importante de pénombre et sa valeur est encore diminuée par la production de rayons secondaires.

Les irradiations effectuées avec une aiguille de radium ne constituent pas un progrès sur cette technique, car la lésion produite est loin de se localiser au voisinage immédiat de la pointe de l'aiguille, même quand celle-ci est très rapprochée de la partie à détruire, et, à plus forte raison, quand le rayonnement est filtré.

Les auteurs ne paraissent pas s'être rendu compte de l'importance de ces phénomènes secondaires; il est cependant de toute nécessité que les parties voisines du point visé soient parfaitement protégées, surtout lorsque les irradiations portent sur les jeunes stades du développement (ligne primitive et prolongement céphalique). A cette époque, en effet, les diverses ébauches sont très rapprochées les unes des autres; aussi n'est-il pas possible, sans une très grande précision dans la localisation des lésions, de tirer des conclusions valables d'une expérience. C'est ainsi que, pensant ne léser qu'un point bien déterminé du blastoderme, on est amené à attribuer toutes les malformations observées dans la suite du développement à la destruction de ce point, alors qu'on a atteint les ébauches voisines, ou à conclure à des localisations d'ébauches qui n'existent pas. Il s'ensuit qu'une méthode susceptible de faire progresser activement l'embryologie et la tératologie causale retarde au contraire leur évolution, en apportant des données inexactes, dues à l'imprécision de la technique.

Ces réflexions nous ont incités à la transformer et à réaliser un dispositif

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.

permettant : 1° de définir très correctement un très mince faisceau de rayons parallèles, et 2° de diriger exactement ce faisceau sur le point à irradier.

Nous utilisons une source de rayons X assez intense, pour une surface d'émission aussi réduite que possible. A partir de cette source, nous définissons un faisceau de rayons parallèles, au moyen de cylindres en plomb aussi longs que possible et percés le long de leur grand axe d'un conduit circulaire de 2^{mm} à $0^{mm},3$ de diamètre suivant les cylindres. Le centrage des cylindres, sur l'anticathode d'une part et sur le territoire à irradier d'autre part, s'effectue par un procédé optique. On envoie, au moyen d'une très forte lampe, un faisceau lumineux délimité par le conduit en plomb. On centre l'anticathode sur ce faisceau lumineux. Ceci effectué, on fait parcourir au faisceau lumineux le chemin inverse dans la conduite en plomb et on centre le territoire à irradier sur ce deuxième faisceau. L'anticathode occupant toujours la même place, le centrage de l'irradiation est parfaitement réalisé. En pratique, pour ne pas être obligés de faire durer trop longtemps les irradiations, nous nous sommes arrêtés pour les cylindres à la hauteur de 5^{cm} et nous amenons le cylindre aussi près que possible du germe. Dans ces conditions, la zone de pénombre est très réduite et permet encore un travail d'une grande précision pour les recherches que nous avons entreprises jusqu'à ce jour.

Si l'on veut léser non plus une région circulaire, mais une région ayant une forme quelconque, il faut utiliser supplémentairement des écrans; ceux dont nous nous servons sont en plomb et ont une épaisseur de 1^{mm}. Ils sont placés sur le trajet du faisceau aussi près que possible du blastoderme. Ces écrans n'ont plus les inconvénients de ceux communément employés, parce qu'ils sont interposés entre l'objet et une source de rayons parallèles.

Cette technique permet de ne léser qu'un point très localisé du germe, de l'atteindre à coup sûr dans toutes les expériences et, corrélativement, d'obtenir des résultats très précis : elle a permis à l'un de nous ([1]) de réaliser à volonté, sur l'œuf de Poule, les principales monstruosités qu'on rencontre spontanément dans la nature, résultat que personne jusqu'ici n'avait encore obtenu.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 801, et **116**, 1934, p. 780; *Arch. d'Anat., d'Histol. et d'Embryol.*, **18**, 1934, p. 145-168 et 229-262.

PROTOZOOLOGIE. — *Évolution d'un hématozoaire du Gecko* (Leishmania tarentolæ) *chez un moucheron piqueur, du groupe des phlébotomes* (Phlebotomus minutus). Note de M. **Louis Parrot**, présentée par M. F. Mesnil.

On ignore encore le mode de propagation de *Leishmania tarentolæ* Wenyon, 1921, Protozoaire sanguicole de la famille des Trypanosomides, découvert par Edm. et Ét. Sergent, G. Lemaire et G. Senevet, en 1914, qui parasite assez fréquemment les geckos ou tarentes (*Tarentola mauritanica* L.) des régions prédésertiques de l'Algérie et de la Tunisie. Par analogie avec les maladies de l'homme causées par d'autres *Leishmania*, le bouton d'Orient par exemple, il y a lieu de soupçonner certains moucherons piqueurs et suceurs de sang, les Phlébotomes, comme *Phlebotomus minutus* Rondani, qui se nourrissent électivement aux dépens de ces Lézards, de transmettre l'infection de gecko à gecko. Enfin les geckos étant insectivores, on peut se demander si la transmission de *Leishmania tarentolæ* résulte de l'inoculation active du parasite par la piqûre de l'insecte ou de la simple ingestion, par le gecko, de Phlébotomes infectés.

Afin de vérifier ces hypothèses, nous avons, depuis 1921, recherché *Leishmania tarentolæ*, d'une part dans l'organisme de Phlébotomes récoltés à Biskra, et, d'autre part, tenté d'infecter des *Phlebotomus minutus* en les nourrissant sur des geckos de la même localité.

L'examen de 500 Phlébotomes environ (dont 450 *P. minutus*), pris dans la nature, et de 78 *P. minutus* qui avaient piqué, depuis 6 à 96 heures, au laboratoire, 5 geckos différents, non infectés, a été négatif. En revanche, la dissection, dans les mêmes conditions de temps et de lieu, de 38 *P. minutus* nourris sur un gecko infecté, nous a permis de faire les constatations positives suivantes :

1° *Leishmania tarentolæ* évolue et se multiplie abondamment, sous la forme flagellée (*Leptomonas*), dans l'intestin moyen (estomac) du Phlébotome au cours des 48 premières heures suivant le repas sanguin infectant.

2° Les formes flagellées, d'abord en grain d'orge, puis longues et grêles (jusqu'à 20^{μ} de longueur), sont toujours intimement et uniformément mélangées à la masse sanguine alimentaire. Elles ne marquent aucune tendance à envahir les parties antérieures du tube digestif de l'insecte, contrairement à ce que l'on observe avec les *Leishmania* du bouton d'Orient et du kala-azar.

3° Les formes flagellées n'existent dans le tube digestif du Phlébotome qu'autant que celui-ci contient du sang. Tout se passe comme si les *Leptomonas* étaient expulsés avec les matières fécales, la digestion terminée. La proportion des individus infectés a été, en effet, de 7 sur 16 parmi les *P. minutus* encore en cours de digestion, et de 0 sur 22 parmi ceux dont ni l'estomac ni l'intestin postérieur ne contenaient plus trace de sang. De fait, nous avons pu retrouver des flagellés, encore très reconnaissables, dans les matières fécales déposées par les Phlébotomes sur les parois des tubes de verre où ils avaient été conservés.

4° Deux fois, nous avons vu des *Leptomonas* morts dans l'intestin postérieur. Il semble donc que les parasites succombent avant d'être expulsés.

Cette évolution de *Leishmania tarentolæ* dans l'organisme de *P. minutus* rappelle celle de *Leishmania ceramodactyli*, parasite d'un autre Lézard, observée par S. Adler et O. Theodor chez *Phlebotomus papatasi*. N'intéressant que les parties moyenne et postérieure du tube digestif de l'insecte, elle paraît exclure la transmission de l'infection de gecko à gecko par piqûre, et légitimer l'hypothèse de la transmission par ingestion.

PATHOLOGIE. — *Sur la prémunition de l'entérite paratuberculeuse des bovidés.* Note de MM. **Henri Vallée**, **Paul Rinjard** et **Maurice Vallée**, présentée par M. E. Leclainche.

L'entérite dite paratuberculeuse représente le dernier terme d'une infection mortelle à évolution lente, insidieuse et voilée, provoquée par un bacille paratuberculeux décrit par Johne et Frothinghan (1895) différencié du bacille de Koch par B. Bang (1906) et par E. Leclainche (1907), puis enfin cultivé par Twort et Ingram en 1913.

Nettement envahissante, cette infection sévit actuellement en nombre de nos départements. Les pertes qu'elle occasionne sont parfois considérables.

Dès 1922, H. Vallée et P. Rinjard envisagent pour la prévention de l'infection paratuberculeuse l'application de la méthode de prémunition de la tuberculose étudiée par l'un d'eux (1). A partir de 1925 leurs résultats expérimentaux les autorisaient à y recourir dans les troupeaux où évolue la maladie naturelle (2).

Tenant pour certaine l'innocuité de l'inoculation sous-cutanée du

(1) H. Vallée, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 152.
(2) H. Vallée et Rinjard, *Rev. gén. de Médecine vétérinaire*, 35, 1926, p. 1-10.

bacille de Johne, même non atténué, Vallée et Rinjard utilisent comme vaccin une suspension de 5 à 10^{mg} de culture vivante de ce microbe non modifié, dans un excipient irrésorbable (huile de vaseline et grès porphyrisé).

Un noyau de réaction inflammatoire apparaît au point d'inoculation et petit-à-petit se constitue sur place une lésion de consistance scléreuse, lésion froide, insensible qui conserve tous ses caractères durant un temps fort long. Tant que persistera un tel foyer infectieux l'organisme, en principe et à l'exemple de celui du tuberculeux, devra se montrer prémuni, c'est-à-dire inapte à une surinfection dans les conditions naturelles de la contagion. Par conséquent, en fait, il se trouve vacciné contre la maladie.

Nous apportons ici les résultats obtenus de l'application de cette méthode de prévention de 1925 à ce jour, dans nombre d'exploitations dévastées par la maladie.

Une première notion se dégage avec évidence de l'ensemble des faits observés : celle de l'innocuité incontestable de la méthode. Le chiffre régulièrement croissant des prémunitions effectuées et la fidélité des éleveurs intéressés qui, chaque année, réclament le renouvellement de l'opération le montrent nettement. C'est ainsi que le chiffre annuel des prémunitions est passé de 803 en 1929 et 3158 en 1931, à 9678 en 1933 et à 12 866 pour les 5 premiers mois de 1934. Au total, 35341 animaux ont été prémunis sans que nos confrères opérateurs aient relevé un seul incident qui mérite de fixer l'attention.

Chez les animaux encore indemnes de toute contamination, les suites opératoires sont celles décrites par nous-mêmes dans notre premier travail. Le foyer réactionnel créé au point de prémunition persiste en pleine activité durant un an en moyenne, parfois pendant 8 mois seulement, tantôt durant 2 ans et exceptionnellement pendant 6 ans. Son activité est la raison même de la résistance conférée.

Si la prémunition est mise en œuvre non point, comme nous le demandons, chez des animaux rigoureusement indemnes de toute infection, mais chez des sujets contaminés, en période d'invasion, la disparition du foyer de protection survient par résorption progressive en 2 ou 3 mois, ou brutalement, par expulsion, à la manière d'un véritable « phénomène de Koch ».

A l'appui de l'efficacité de la prémunition, que tous les opérateurs admettent, à défaut d'une statistique globale qu'il est difficile d'établir dans les conditions de l'exploitation rurale, nous citerons les faits suivants qui ont été rigoureusement contrôlés.

Si nous nous en rapportons aux résultats arrêtés au 31 décembre 1932, l'efficacité du procédé s'est montrée *absolue* dans 133 fermes gravement infectées, groupant 5650 têtes, et partielle seulement sur un total de 800 têtes rassemblées en 20 exploitations diverses qui n'ont pu, comme les précédentes, être totalement épurées. Les quelques cas de la maladie ici constatés l'ont tous été chez des sujets qui n'étaient plus prémunis (nodule vaccinal disparu par résorption ou abcédation), ou chez lesquels l'intervention avait eu lieu alors qu'ils étaient déjà contaminés. En cette situation, nous le savons, ils ne réaliseront pas ou élimineront hâtivement leur noyau de prémunition.

Nous concluons de notre longue expérimentation que la prémunition de l'entérite paratuberculeuse, par inoculation sous-cutanée du bacille même qui la détermine, est à la fois inoffensive et efficace. Il convient donc d'utiliser ce moyen dans la lutte contre la maladie, conjointement avec le sacrifice hâtif des malades qui tarit la source essentielle de la contagion.

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 29 octobre 1934.)

Hommage fait par M. *Maurice d'Ocagne* d'une brochure relatant la remise de la croix de la Légion d'honneur à l'École nationale des Ponts et Chaussées :

Page 816, ligne 8 en remontant, *au lieu de* 1805 à 1810, *lire* 1810 à 1813.

(Cet erratum tient à une faute de transcription. La période 1805 à 1810 est celle pendant laquelle Cauchy a été élève d'abord à l'École Polytechnique, puis à l'École des Ponts et Chaussées.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 NOVEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Enrique Hauser**, membre de l'Académie des Sciences de Madrid, qui assiste à la séance.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Caractères présentés par les plantes vertes qui se développent dans de l'air enrichi en gaz carbonique.* Note de MM. **Marin Molliard** et **Albert Crépin**.

L'un de nous a consacré d'assez longues recherches à l'étude morphogénique des sucres fournis aux racines des plantes vertes; c'est surtout le Radis sur lequel ont porté les expériences; nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de chercher si l'on ne peut pas remplacer les sucres mis directement à la disposition des racines par du gaz carbonique fourni en quantité relativement considérable.

Des cultures aseptiques ont été réalisées dans des tubes contenant un milieu minéral gélosé (liquide de Knop étendu de son volume d'eau), additionné ou non de 7,5 pour 100 de saccharose; ces tubes étaient maintenus à l'intérieur d'éprouvettes où l'on faisait circuler d'une manière continue de l'air normal (A) ou de l'air chargé de 0,1 pour 100 (C_1), 0,5 pour 100 (C_2), 2 pour 100 (C_3) ou 10 pour 100 (C_4) de gaz carbonique; ces mélanges étaient réalisés à l'intérieur de ballons de caoutchouc de 125^l à partir desquels la circulation était réalisée par compression [1].

---

[1] Qu'il nous soit permis de remercier MM. Michelin et Cie d'avoir bien voulu réaliser gracieusement dans leurs ateliers un modèle de ballons dont la résistance nous a été précieuse pour la bonne marche de nos expériences.

Les récoltes ont été très variables pour les diverses séries, mais d'une manière générale l'addition de gaz carboniques à l'air a fortement favorisé la végétation; contentons-nous de dire dans cette Note qu'au bout de deux mois de développement on obtenait les valeurs suivantes pour les différentes séries; celles-ci sont désignées par les lettres précédemment utilisées pour les cultures effectuées sur milieu purement minéral, ou par ces mêmes lettres associées à S pour les cultures effectuées sur milieu sucré. Pf désigne dans le tableau ci-dessous les poids de substance fraîche, Ps ceux de substance sèche exprimés en milligrammes.

	Pf.	Ps.	Ps °/₀ Pf.		Pf.	Ps.	Ps °/₀ Pf.
A..........	851	44	5,17	AS..........	1256	146	11,62
C_1..........	2071	109	5,26	C_1S.........	1801	274	15,21
C_2..........	3275	209	6,38	C_2S.........	2179	392	17,98
C_3..........	3269	295	9,03	C_3S.........	2645	525	19,84
C_4..........	2559	390	15,25	C_4S.........	1960	460	23,46

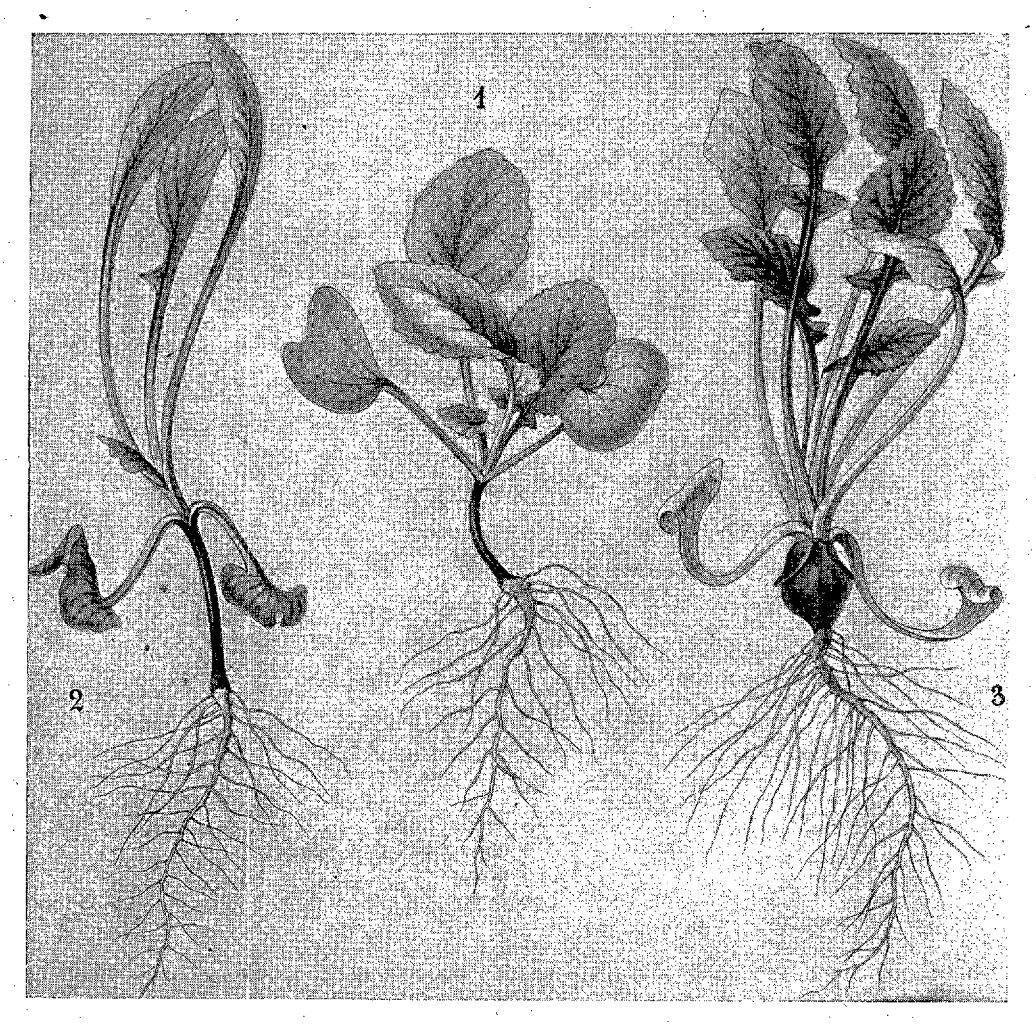
Nous retrouvons pour les cultures effectuées en milieu uniquement minéral une augmentation très sensible de la récolte déjà signalée par Dehérain et Maquenne, Brown et Escombe, etc., mais qui est loin d'être proportionnelle à la quantité de gaz carbonique mis à la disposition de la plante; on voit en effet que si la teneur en gaz carbonique est représentée par des nombres proportionnels à 1, 5, 25, 100 et 500 la récolte en substance sèche ne correspond qu'à des nombres proportionnels à 1, 2.4, 4.7, 6.5 et 8.8.

En ce qui concerne les plantes développées en présence à la fois de sucre et de gaz carbonique on voit que les deux substances sont toutes deux utilisées; mais les augmentations du poids de la substance sèche ne sont plus représentées que par des nombres proportionnels à 1, 1.8, 2.6, 3.6 et 3.2; l'utilisation directe du sucre atténue celle du gaz carbonique.

Le tableau précédent nous montre d'autre part que la teneur en eau des plantes diminue graduellement lorsque augmente la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère; cela est évidemment en rapport avec l'augmentation de la teneur du suc cellulaire en substances sucrées.

Par ailleurs l'aspect général des plantes est fortement modifié par la présence d'une dose appréciable de gaz carbonique; il nous suffira de représenter, à côté d'un Radis développé dans de l'air normal (*fig.* 1), un autre correspondant à une atmosphère chargée de 10 pour 100 de gaz carbonique (*fig.* 2), et un troisième qui a crû en présence de 2 pour 100 de gaz carbonique (*fig.* 3); on voit combien la forme des feuilles s'est modifiée; les

pétioles se sont étirés considérablement, les limbes se sont à la fois allongés longitudinalement et raccourcis dans le sens transversal; on est en présence d'un phénomène d'étiolement déjà signalé par Téodoresco dans des condi-



Radis cultivés sur milieu minéral gélosé. — 1. Plante de 40 jours (air normal): 2. Plante de 20 jours (air chargé de 10 pour 100 de gaz carbonique); 3. Plante de 40 jours (air chargé de 2 pour 100 de gaz carbonique). Réduction aux 3/4 des dimensions naturelles.

tions analogues pour d'autres plantes; en ce qui concerne l'échantillon 3, on observe que cet étiolement se prolonge sur la tigelle qui est très apparente, alors qu'elle ne présente au même stade aucune trace d'entre-nœud dans les conditions normales.

Quant au limbe, sa forme de spatule, concave vers la face inférieure, rappelle tout à fait celle qui est acquise par beaucoup de feuilles se développant à l'obscurité; il est bien tentant d'admettre qu'au fond l'action est identique dans les deux cas et que c'est toujours la teneur en gaz carbonique qui intervient; les plantes ne verraient leurs organes se raccourcir à l'obscurité que parce que dans ce cas il s'accumulerait dans leurs tissus une plus grande proportion de gaz carbonique; à la lumière, la croissance en longueur serait moins considérable pour les organes verts parce que le phénomène chlorophyllien abaisserait la teneur des tissus en gaz carbonique; nous comptons revenir ultérieurement sur cette hypothèse.

En dehors du changement de forme que nous avons signalé pour les feuilles de Radis développé en présence d'une teneur notable en gaz carbonique on observe que leur limbe présente un aspect vitreux et translucide; leur turgescence est très accentuée et se traduit par le fait que ces organes sont très cassants.

La formation des tubercules apparaît d'autre part comme nettement favorisée par l'enrichissement de l'air en gaz carbonique; alors qu'aucune plante des séries A, AS, C_1 et C_1 S n'ont produit de tubercule, certains échantillons C_2 ont présenté un axe hypocotyle uniformément épaissi; C_2 S, C_3 et C_4 ont produit de véritables tubercules (voir *fig.* 3); la tubérisation était naturellement plus fréquente et plus accentuée pour les séries C_3 S et C_4 S, l'action du sucre se superposant à celle du gaz carbonique.

Quant aux caractères anatomiques qui apparaissent en présence d'air chargé de gaz carbonique nous nous contenterons de rapporter ici les deux suivants :

En ce qui concerne la feuille on voit se constituer un tissu palissadique accentué, constitué par quatre assises de cellules alors qu'il n'en comprend qu'une seule chez les feuilles développées à l'air libre; d'autre part on assiste, à partir de la série C_3 à la formation, par suite de la concentration des sucres solubles, de grains d'amidon, soit dans les leucites chlorophylliens du limbe, soit dans les tubercules où le phénomène a lieu dans la région péricyclique et dans tout le parenchyme central, surtout autour des faisceaux.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie de la bordure externe de la zone du Flysch de l'Embrunais, entre la Durance et le Drac (massifs de Piolit et des Autanes, Hautes-Alpes).* Note [1] de MM. **Maurice Gignoux** et **Léon Moret**.

Entre la zone dite autochtone (couverture décollée du Pelvoux, zone ultra-dauphinoise) et la grande masse du Flysch à Helminthoïdes dite Nappe du Flysch de l'Embrunais, nos prédécesseurs (E. Haug, J. Boussac) n'avaient distingué que quelques lames calcaires attribuées par eux à leur *Flysch calcaire* (voir feuille Gap). Nous avons déjà montré que ce soi-disant Flysch calcaire était en partie *jurassique* et *crétacé;* nos explorations de cette année permettent de préciser la stratigraphie de ces *écailles inférieures :*

1° *Dogger;* à la base, calcaires massifs à patine claire, visibles seulement à Rouanne, où nous les avons déjà décrits. Au sommet, calcschistes à *Cancellophycus*, à patine grise, contenant, à Rouanne-Haute, de grands Céphalopodes indéterminables (*Cadomites*?, Nautiles).

2° *Callovo-Oxfordien;* schistes argileux noirs à nodules ou miches calcaires, avec minces bancs (quelques centimètres) de calcaires ferrugineux spathiques, parfois microbrèchiques.

3° *Malm inférieur;* schistes à Chondrites, gris ou jaunâtres, parfois d'un vert pistache très spécial, avec bancs calcaires siliceux et microbrèches.

4° *Malm supérieur*, formant des falaises ruiniformes roussâtres. La meilleure coupe de détail s'observe entre la Petite-Autane et le Cuchon. On y voit, de bas en haut :

A. Un gros banc (5-15^{m}) de brèches calcaires à petits éléments, reposant sur les schistes verts précédents par l'intermédiaire d'un *hard-ground* verdâtre à Ammonites roulées.

B. Des calcschistes (15-20^{m}) bien lités, avec rubans réguliers et très serrés de *radiolarites* vertes ou rouges et Bélemnites.

C. Gros bancs de calcaires à pâte claire, parfois pseudo-bréchoïdes, avec silex rognonneux (Calpionelles et Radiolaires).

5° *Néocomien*, puissante série (au moins 100^{m}) de calcschistes gris clair à Chondrites, avec intercalations de microbrèches, schistes argileux noirs et bancs calcaires à taches violacées; les *Aptychus*, très fréquents, forment parfois de véritables lumachelles. Le sommet devient plus schisteux et

---

[1] Séance du 12 novembre 1934.

noirâtre ou verdâtre; il pourrait évoquer ainsi les marnes aptiennes et l'Albien; mais, en réalité, aucune limite nette ne sépare ces calcschistes du complexe suivant.

6° *Crétacé supérieur;* épais d'une centaine de mètres, il est surtout caractérisé, même de loin, par le faciès bien connu dit *couches rouges* (l'Arche et l'Aiguille de Piolit), formant deux ou trois intercalations de quelques mètres dans une puissante série très variée : calcschistes gris et verdâtres sublithographiques, calcaires gréseux à spicules, schistes à Chondrites et pistes d'organismes, etc. Partout il y a des Rosalines. Dans les calcaires gréseux de Piolit (arête à l'ouest du sommet), nous avons trouvé un gros échantillon d'*Inocérame* bien conservé : en dehors de quelques Bélemnites, c'est là le seul fossile macroscopique trouvé dans le Crétacé supérieur des zones internes des Alpes françaises.

7° *Nummulitique.* — Il y a lieu ici de distinguer trois zones tectoniques :

A. En dessous de la série des écailles mésozoïques, on a une zone plus ou moins laminée de *Wildflysch :* c'est un *Flysch noir*, argilo-gréseux, contenant des blocs de roches variées (autochtone et nappe) et surtout des lentilles importantes de *Flysch calcaire* (au sud de Pont du Fossé) : nous entendons par là des calcaires fins, à patine claire, à Rosalines, avec lits de microbrèches calcaires à Nummulites et Orthophragmines. Ce Flysch calcaire est tout à fait identique à celui qui se montre en masses énormes aux environs d'Allos (montagne d'Autapie et mont Pelat), toujours sur l'autochtone et sous la grande nappe de l'Embrunais-Ubaye (J. Boussac, Yvonne Gubler-Wahl).

B. Dans les écailles elles-mêmes, on retrouve du Flysch noir, très broyé, avec lentilles de grès et conglomérats à très grandes Nummulites (sommet 1975 au S de Pont du Fossé); en outre, dans cette zone apparaît le *Flysch à Helminthoïdes* que les charriages ont amené jusqu'au contact de l'autochtone (environs d'Ancelle).

C. Au-dessus de tout cela vient la masse du Flysch de l'Embrunais proprement dit. Elle débute par du Flysch noir avec zones de schistes rouges et de microbrèches; puis vient un gros banc de grès visible sur tout le versant N des Autanes; enfin le vrai Flysch à Helminthoïdes, avec ses minces plaquettes calcaires régulières, montrant de multiples charnières, mais non laminé.

Conclusions. — Cette série appartient à la *zone subbriançonnaise* et se distingue à la fois des faciès autochtones dits dauphinois et des vrais faciès briançonnais par les caractères suivants :

A. *Dogger* à l'état de calcaires zoogènes, faciès complètement inconnu dans l'autochtone, et se retrouvant au contraire dans le Briançonnais.

B. *Schistes noirs callovo-oxfordiens*, très développés dans l'autochtone, manquant déjà dans les écailles subbriançonnaises supérieures (Chabrières, Forest des Estaris sur Orcières) et à plus forte raison dans le vrai Briançonnais, où leur emplacement est marqué par la lacune antéargovienne.

C. *Malm*, caractérisé ici par ses couches siliceuses (*radiolarites*) et ses brèches; ce type, où manque le faciès briançonnais des *marbres de Guillestre* (Argovien rouge), se différencie autant de l'autochtone que du Briançonnais. Notons toutefois que dans la zone ultra-dauphinoise on rencontre déjà dans le Rauracien de Soleil-Bœuf (P. Lory) quelques bandes siliceuses vertes, et que, dans les écailles subbriançonnaises supérieures citées plus haut, le faciès des marbres de Guillestre fait son apparition.

D. *Néocomien*, manque dans le Briançonnais; représenté ici, comme dans l'Ultra-dauphinois, par un complexe indivisible de calcschistes à *Aptychus* et Bélemnites.

E. *Crétacé supérieur*, prenant ici le faciès *couches rouges* avec grès à Inocérames; ce n'est plus le Sénonien autochtone, et ce ne sont pas encore les vrais *marbres en plaquettes* du Briançonnais.

F. *Nummulitique*, caractérisé par l'apparition du Flysch noir, avec ses microbrèches et ses conglomérats gréseux à grandes Nummulites lutétiennes, et son Flysch calcaire, ce dernier inconnu dans le vrai Briançonnais. On sait que dans l'autochtone le Nummulitique débute par les calcaires priaboniens à petites Nummulites.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *La notion d'impureté dans les foudres globulaires nues*. Note de M. **E. Mathias**.

1. L'observation de Jean Kœchlin montre que, de la substance d'un éclair fulgurant *blanc éblouissant*, naît par refroidissement quand elle est suffisamment abondante, un éclair sphérique *rouge clair*, la substance d'abord *blanche* étant devenue, progressivement mais très rapidement, *jaune*, puis *orangée*, puis *rouge* (¹). Les couleurs superficielles de l'éclair

(¹) L'observation montre que, dans d'autres cas, l'éclair sphérique est *orangé*, ou même *jaune franc*.

sphérique *sont celles de tout corps noir qui se refroidit;* elles sont déterminées par la température seule. La substance d'un tel éclair sphérique (matière fulminante) est dite arbitrairement *pure*.

La couleur des foudres globulaires a été l'objet de deux statistiques : une du professeur Galli (1910) portant sur 77 cas explicites et une du Dr Walther Brand (1923) portant sur 108 cas. Adoptons pour l'instant la première, beaucoup trop réduite mais prêtant moins le flanc à la critique.

2. Les foudres *jaunes*, *orangées*, *rouges* sont considérées comme *pures* au moins superficiellement; le professeur Galli en compte 38, savoir : 26 rouges, 8 jaunes, 3 orangées et 1 blanc et rouge. La fréquence est $38/77 = 49,4$ pour 100 ou 0,5 en nombres ronds.

A côté de celles-ci, on en compte 19 (fréquence 24,7 pour 100 ou 0,25 en nombres ronds) dont la couleur est *bleue*, ou s'interprète comme due à la superposition du *bleu* au jaune et au rouge. Le nouveau groupe (foudres *bleues*, vertes, violettes, blanc et *bleu*) a ceci de particulier : la *cause bleue*, qui superpose parfois sa teinte à celle du corps noir qui se refrodit, *intervient souvent de façon très différente* : couvrant la totalité de la surface apparente de la foudre globulaire ou la moitié, ou réduite à quelques points *bleus*.

Cette *cause bleue* caractérise une substance essentiellement différente de la *matière fulminante pure incandescente*, dont la couleur est déterminée par la température, tandis que la *matière bleue* a une couleur toujours la même (aux erreurs près de l'observation) à la température élevée des foudres *jaunes* comme à la température beaucoup plus basse des foudres *rouge sombre*; il semble que la *matière bleue* incandescente soit caractérisée, dans le spectre visible, par des radiations presque monochromatiques dont le groupe s'étend lentement quand la température s'élève beaucoup.

Cette matière *bleue*, dont la fréquence est moitié de celle de la matière fulminante *pure*, dont elle n'occupe parfois qu'une portion insignifiante de la surface apparente, est à la fois différente d'elle et moins abondante qu'elle; *il est donc naturel de la considérer comme une impureté de la précédente*.

3. Cette notion d'impureté ne peut pas s'arrêter à celle du corps *bleu*, dont la nature ne nous préoccupe pas pour l'instant; elle doit s'étendre à un autre corps qui apparaît comme suit :

Dans la statistique du professeur Galli réduite à 77 cas, il y a 9 foudres qualifiées *blanches* à côté de 6 foudres *noires* et du résidu de 5 foudres dont

la couleur est le *blanc sans lumière propre*. Les foudres noires écartées, que signifient les neuf foudres blanches et surtout le *résidu* des cinq dernières?

Les observations de Jolivet et de Jean Kœchlin, confirmées par la couleur jaune pâle des foudres ascendantes des hauts plateaux de la Bolivie où la foudre globulaire est inconnue, montrent que *le blanc éclatant et les couleurs jaunes plus ou moins pâles n'existent pas comme couleurs des foudres globulaires nues*, lesquelles sont exclusivement le jaune franc, l'orangé et le rouge jusqu'au rouge sombre. D'autre part, le *blanc sans lumière propre* ne se comprend que comme un *blanc supérieur* donné, par exemple, par deux couleurs spectrales exactement complémentaires.

Mais alors les neuf foudres blanches doivent correspondre au *blanc éclatant*, et cela est impossible avec la matière fulminante *pure*. Il faut donc qu'il y ait une impureté, différente de l'impureté *bleue*, qui donne, aux températures des foudres globulaires nues, un blanc plus ou moins éclatant. Or, nous avons montré antérieurement que c'est le cas du *fer*, dont les recherches patientes de Gaston Tissandier, entreprises dès 1869, ont montré la présence à l'état de pureté dans les poussières des hautes régions de l'air.

Entre l'impureté *bleue* et le *fer* qui donne le blanc plus ou moins éclatant, il y a la différence caractéristique des teintes produites, mais avec ce *caractère commun* d'être largement indépendantes de la température tandis que la couleur de la matière fulminante *pure* est déterminée par celle-ci, la matière fulminante *pure* étant un corps *optiquement noir*, les deux impuretés n'ayant sûrement pas cette propriété.

Le caractère commun des deux impuretés s'exerce toutefois différemment, car il semble bien que le *blanc éclatant* imposé par le *fer* envahisse généralement la totalité de la surface apparente de la foudre globulaire nue, tandis que l'étendue de la teinte *bleue* serait en raison de la proportion de cette impureté.

4. La *notion d'impureté* intervient ici par une méthode *analytique* et *impersonnelle* qui contraste avec la méthode *synthétique* et *volontaire* de publications antérieures.

Dans les foudres globulaires nues, la pesanteur apparente est presque nulle, les forces capillaires étant absolument prépondérantes. On peut alors définir la stabilité d'une foudre globulaire pure par le produit AS de la tension superficielle A à t^{o} par la surface extérieure S de la sphère. Quand une impureté (telle que le fer) détermine presque instantanément

le partage de la sphère en plusieurs autres de surface totale S′, si A′ est la nouvelle tension superficielle, la température étant redevenue la même, on a

$$AS = A'S', \quad \text{comme} \quad S' > S, \quad A' < A.$$

On voit que l'impureté a déterminé l'abaissement de la tension superficielle à température constante.

Les deux méthodes, faisant intervenir des phénomènes très différents, se complètent sans s'exclure.

PLIS CACHETÉS.

Mme **M. Maillard Brune** demande l'ouverture d'un pli cacheté déposé par feu son mari dans la séance du 22 avril 1929 et enregistré sous le n° 10160.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une *Formule pour le traitement des affections des voies respiratoires.*

(Renvoi à la Section de Médecine.)

CORRESPONDANCE.

Le Comité de direction de la **Maison de la Chimie** informe l'Académie que les cérémonies d'inauguration de cet établissement, n'ayant pas pu avoir lieu aux dates primitivement fixées, sont reportées aux 30 novembre, 1er et 2 décembre prochain.

ALGÈBRE. — *Remarques sur les matrices à formes linéaires.* Note [1] de M. **Hans Schwerdtfeger**, présentée par M. Élie Cartan.

En continuant mes recherches [2] sur les matrices de formes linéaires

$$X = \left(\sum_{\gamma=1}^{n} c_{\gamma\beta}^{\alpha} x_{\gamma} \right)_{\beta=1,\ldots,n}^{\alpha=1,\ldots,n} \qquad (n > 3),$$

j'ai obtenu les résultats suivants :

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 508-510.

Soit X^* la matrice « antistrophe » de X, c'est-à-dire

$$X^* = \left(\sum_{\gamma=1}^{n} c_{\beta\gamma}^{\alpha} x_\gamma \right)_{\beta=1,\ldots,n}^{\alpha=1,\ldots,n}.$$

A chaque matrice X est associé un système **S** de nombres hypercomplexes

$$x = \sum_{\alpha=1}^{n} x_\alpha e_\alpha, \qquad e_\alpha e_\beta = \sum_{\gamma=1}^{n} c_{\alpha\beta}^{\gamma} e_\gamma,$$

dont la multiplication est distributive avec l'addition. On dit que **S** est un « système de Lie », si pour tous les triples de nombres x, y, z on a les relations

$$x(yz) + y(zx) + z(xy) = 0,$$
$$xy + yx = 0.$$

I. *Pour que la matrice* $\mathfrak{X} = X - X^*$ *soit associée à un système* **L** *de Lie, il faut et il suffit que pour tous les triples de nombres* x, y, z *contenus dans le système* **S**, *la relation*

$$[x, y, z] + [y, z, x] + [z, x, y] - [y, x, z] - [x, z, y] - [z, y, x] = 0$$

avec

$$[x, y, z] = x(yz) - (xy)z,$$

soit valable (¹).

Les systèmes **S** qui remplissent cette relation comprennent comme cas spéciaux les systèmes à multiplication associative et les systèmes de Lie. Si **S** est un système de Lie, on aura **L** = **S**.

Chaque système **L** de Lie est la représentation abstraite du système des transformations infinitésimales d'un certain groupe **G** fini et continu. Par le théorème I on a donc associé un tel groupe **G** à chaque système **S** satisfaisant à la condition énoncée.

II. *Si* **S** *est un système hypercomplexe semi-simple à multiplication associative, le groupe* **G** *associé à* **S** *est isomorphe du groupe* **M** *de la multiplication de tous les nombres* x *de* **S**, *pour lesquels le déterminant* $|X|$ *n'est pas nul.*

(¹) Certaines généralisations du formalisme de la théorie des quanta ont conduit M. P. Jordan à considérer des systèmes hypercomplexes avec la relation identique

$$[x, y, z] + [y, z, x] + [z, x, y] = 0.$$

Voir *Göttinger Nachrichten, Math. phys. Kl.*, 1932, p. 569-575; 1933, p. 209-217; *Ann. of Math.*, 35, 1934, p. 29-64.

On peut toujours réduire le système **S** à une forme telle que la matrice $\mathfrak{X}$ correspondante devienne antisymétrique. En utilisant cette remarque on est conduit au théorème suivant :

III. *Le groupe* **G** *associé à un système sémi-simple et associatif est égal au produit direct d'un groupe semi-simple* **H** *et d'un groupe abélien fini et continu* **A**; *l'ordre du groupe* **A** *est égal à* k, *si* k *est l'ordre du centre du système* **S**.

La démonstration de ce théorème, qui fait appel à la théorie des représentations linéaires des systèmes hypercomplexes, développée par Frobenius et M. I. Schur (1), sera donnée dans un autre Recueil. Il constitue une liaison entre les deux notions de semi-simplicité, celle de la théorie hypercomplexe et celle de la théorie des groupes continus.

Ici, il n'y a pas encore de conditions nécessaires et suffisantes pour les racines caractéristiques des matrices X, comme dans le cas des systèmes **S** commutatifs (2). Mais la théorie de la structure des groupes semi-simples, exposée par M. E. Cartan (3), permet d'énoncer des conditions nécessaires pour les matrices $\mathfrak{X}$.

Soit $x = a$ un élément du système **L**, tel que le nombre $m + 1$ des racines caractéristiques différentes de la matrice correspondante $\mathfrak{X} = \mathfrak{A}$ soit le plus grand possible. Si A_i ($i = 0, 1, \ldots, m$) sont les covariantes de Frobenius (2) de $\mathfrak{A}$, on aura la décomposition

$$\mathfrak{X} = \sum_{i=0}^{m} \Xi_i A_i$$

pour tous les x d'un certain système $\mathbf{L}_0$ commutatif, contenu dans **L**. Chacune des matrices Ξ_i a une seule racine $\lambda_i(x)$, différente de zéro, dont la multiplicité soit n_i; les coordonnées des nombres x de $\mathbf{L}_0$ sont définies comme solutions du système linéaire $A_0(x) = (x)$. Les racines $\lambda_i(x)$ sont des formes linéaires et $\lambda_0(x) = 0$. On aura de plus

$$n_0 > k, \qquad n_j = 1 \qquad (j = 1, \ldots, m).$$

Le nombre m est pair et les racines $\lambda_j(k)$ sont deux à deux opposées. Le

---

(1) I. Schur, *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*, 1905, p. 406-432.

(2) *Loc. cit.*, page 1086.

(3) E. Cartan, *Thèse*, Paris (Nony), 1894; 2e édition (Vuibert), 1933, p. 41 et 55. Voir aussi les paragraphes 43 et 45 du livre de M. L. P. Eisenhart, *Continuous Groups of Transformations*, Princeton University Press, 1933.

nombre des $\lambda_j(k)$ linéairement indépendantes est $n_0 - k$. (Que ce nombre soit plus petit que n_0, c'est une conséquence du théorème de la Note précédente).

C'est un problème non encore résolu de déterminer tous les groupes semi-simples **H** tels que le produit direct $\mathbf{H} \times \mathbf{A} = \mathbf{G}$ avec un groupe abélien **A** choisi convenablement, soit un groupe qu'on peut associer à un certain système semi-simple à multiplication associative.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les directions de courbure d'une* V_m *dans* R_n. Note [1] de M. **D. Perepelkine**, présentée par M. Élie Cartan.

Étant donné une variété V_m dans l'espace euclidien R_n, désignons par N l'espace R_{n-m} orthogonal à V_m en un point M et par N′ l'espace orthogonal en un point $M + dM$ de la variété infiniment voisin de M. Désignons encore par N_1 l'intersection de l'espace N et de l'espace osculateur du second ordre de la variété M et par μ le nombre de dimensions de l'espace N_1. Cela posé, on a les propositions suivantes :

1. Si $\mu \geqq m$, l'espace N_1 coupe *tous* les espaces N; l'intersection de N_1 avec chaque N′ est un espace plan E à $\mu - m$ dimensions (un point, si $\mu = m$).

2. Si $\mu < m$, l'espace N_1 ne coupe que $\infty^{\mu-1}$ des espaces N′, auxquels correspondent certaines $\infty^{\mu-1}$ directions tangentes à V_m au point M, qu'on peut appeler *directions de courbure*. L'intersection de l'espace N_1 avec chacun de ces espaces N′ est un point E.

3. L'espace N coupe l'espace N′ en un espace R_{n-2m} que l'on obtient en menant dans l'espace N des $R_{n-m-\mu}$ orthogonaux à N_1 par tous les points de l'espace E défini au n° 1, ou par le point E défini au n° 2. Si N_1 ne coupe pas un espace N′, l'espace N ne coupe pas non plus cet espace N′ [2].

4. Chaque direction de courbure dM a $\infty^{m-\mu-1}$ directions conjuguées orthogonales à dM, tandis qu'une direction arbitraire n'en a que $\infty^{m-\mu-2}$. (Cette propriété peut être choisie comme définition des directions de courbure dans le cas d'une V_m dans V_n.)

5. Toutes les directions en M pour lesquelles la longueur du vecteur de courbure normale devient un maximum ou un minimum (différent de zéro) sont des directions de courbure.

---

[1] Séance du 12 novembre 1934.

[2] L'intersection des espaces N et N′ a été considérée d'une manière moins précise par Kühne, *Archiv der Math. und Phys.*, 3e série, 6, 1904, p. 251-260.

6. Si l'on transforme V_m par rayons vecteurs réciproques, μ étant égal à $n - m$, les directions de courbure sont transformées en directions de courbure; les directions de courbure de la variété transformée sont indéterminées si $\mu < n - m$.

7. Si $n \geqq m$, les vecteurs normaux à V_m en M, qui sont parallèles à l'espace E correspondant à la direction dM (n° 1), sont caractérisés par la propriété suivante : la différentielle covariante normale intrinsèque à V_m d'un tel vecteur, calculée suivant la direction dM, coïncide avec la différentielle ordinaire du même vecteur suivant la même direction, calculée dans l'espace R_n.

8. Si $n \geqq m$, le lieu géométrique des points d'intersection de l'espace N_1 avec tous les espaces N' est une variété algébrique K à $n - 1$ dimensions d'ordre m engendrée pour $n > m$ par ∞^{m-1} espaces plans E à $n - m$ dimensions. Il en est de même dans le cas $n < m$, si l'on ne considère que les espaces N' correspondant aux directions de courbure en M.

Le cas d'une V_2 dans R_4 a été considéré par K. Komerell (¹); la variété analogue à K dans le cas d'une V_m de l'espace hilbertien a été considérée par Vitali (²); la variété K possède des propriétés analogues aux propriétés de la variété correspondante de Vitali, et d'autres propriétés énoncées aux n°s 9-11.

9. Les pieds des normales à K menées par le point M sont les centres de courbure normale pour les directions en M qui correspondent aux valeurs extrémales de la longueur du vecteur de courbure normale en M.

10. Pour $\mu \geqq m$ l'espace E (n° 1) à $\mu - m$ dimensions est un espace à l'infini, si la direction correspondante dM a une direction conjuguée δM. Si dM et δM sont orthogonales, l'espace E devient un espace à $\mu - m + 1$ dimensions (à distance finie). Il existe des espaces à l'infini tangents à K, s'il existe des directions asymptotiques en M; à chaque direction asymptotique en M correspond un espace à l'infini tangent à K.

11. Pour $\mu < m$, le point E (n° 2) est un point à l'infini, si la direction de courbure correspondante a $\infty^{m-\mu}$ directions conjuguées (tandis qu'une direction de courbure arbitraire a $\infty^{m-\mu-1}$ directions conjuguées). Il existe des espaces à l'infini tangents à K, s'il existe des directions de courbure en M qui sont à la fois directions asymptotiques. A chacune de ces directions correspond un espace à l'infini tangent à K.

(¹) *Math. Annalen*, 60, 1905, p. 548-596.

(²) *Annali di Mat.*, 4ᵉ série, 8, 1930, p. 161-173.

Tous ces théorèmes sont démontrés par la méthode du repère mobile de M. Cartan en considérant le tenseur de courbure eulérienne de la variété.

Les théorèmes précédents doivent être modifiés dans le cas $\mu < m$, si la forme quadratique donnant le ds^2 de la variété V_m en M est une combinaison linéaire des secondes formes quadratiques de la variété en ce point. Les directions de courbure sont alors indéterminées et l'espace N_1 coupe tous les espaces N' (au lieu d'en couper $\infty^{\mu-1}$ seulement).

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques types de métriques de Finsler.* Note [1] de M. **M. Haimovici**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note a pour objet de caractériser certains types de métriques de Finsler par des propriétés imposées au parallélisme de M. Cartan. Les questions dont nous nous occupons ont été traitées en géométrie riemannienne par M. E. Bompiani en 1921 [2].

Nous énonçons seulement quelques résultats, en laissant les démonstrations pour un autre Recueil.

1. Si un espace de Finsler à n dimensions (F_n) admet une famille de ∞^{n-m} sous-espaces V_m tels que tout vecteur tangent à un V_m de la famille reste, après un déplacement parallèle quelconque, tangent au V_m qui passe par son origine, alors la métrique de cet espace (F_n) peut être mise sous la forme

$$(1)\qquad \begin{aligned} ds^2 = {} & \varphi(x^1, x^2, \ldots, x^m; dx^1, dx^2, \ldots, dx^m) \\ & + \psi(x^{m+1}, x^{m+2}, \ldots, x^n; dx^{m+1}, dx^{m+2}, \ldots, dx^n), \end{aligned}$$

où φ, ψ sont des fonctions homogènes du second degré en dx^i. L'espace admet alors une autre famille de ∞^m sous-espaces V_{n-m} qui jouissent de la même propriété. Ces deux familles de sous-espaces sont données respectivement par les systèmes d'équations

$$\begin{array}{llll} x^{m+1} = \text{const.}, & x^{m+2} = \text{const.}, & \ldots, & x^n = \text{const.}; \\ x^1 = \text{const.}, & x^2 = \text{const.}, & \ldots, & x^m = \text{const.} \end{array}$$

Si $m = 1$, la formule (1) peut s'écrire

$$ds^2 = (dx^1)^2 + \psi(x^2, \ldots, x^n; dx^2, \ldots, dx^n)$$

---

[1] Séance du 12 novembre 1934.

[2] *Rend. della R. Acc. dei Lincei*, 6e série, 30, 2e sem. 1921, p. 168-171.

et l'on en voit la ressemblance avec l'élément linéaire de M. Levi-Civita [1].

Il est à remarquer qu'on peut énoncer le théorème précédent dans des conditions plus larges, en supposant non plus l'existence de la famille de V_m, mais seulement l'existence en chaque point d'un élément e_m à $n-m$ dimensions, tangent à l'espace et tel qu'un vecteur qui lui appartient, transporté parallèlement le long d'une multiplicité quelconque d'éléments linéaires, reste toujours contenu dans le e_m qui passe par son origine. On démontre alors facilement que les e_m sont intégrables.

2. Supposons maintenant que l'espace (F_n) contienne une famille de V_m jouissant seulement de la propriété que le transport parallèle d'un vecteur tangent à un V_m le long d'une multiplicité quelconque d'éléments linéaires *ayant leurs centres sur* V_m laisse le vecteur tangent à cette variété.

On démontre alors qu'il existe en chaque point un élément plan e_{n-m} à $n-m$ dimensions, orthogonal à V_m par rapport à tous les éléments linéaires que contient le point.

La correspondance entre deux V_m infiniment voisins, établie en associant les points d'intersection avec le même e_{n-m} est une isométrie. Si $m > 1$ et si les V_m sont supposés ne pas admettre un groupe de transformations en eux-mêmes, les points qui se correspondent sur tous les V_m sont bien déterminés et forment une famille de V_{n-m}. L'élément de longueur de l'espace peut alors être mis sous la forme

$$ds^2 = \varphi(x^1, x^2, \ldots, x^m; dx^1, dx^2, \ldots, dx^m) + \Psi(x^1, x^2, \ldots, x^n; dx^{m+1}, \ldots, dx^n).$$

Les sous-espaces V_m sont donnés par le système d'équations

$$x^{m+1} = \text{const.}, \quad x^{m+2} = \text{const.}, \quad \ldots, \quad x^n = \text{const.}$$

Pour $m = 1$ on obtient une formule analogue à l'élément de M. Hadamard.

2. On peut encore étudier d'autres problèmes de la même nature. Bornons-nous, pour le moment, à énoncer le théorème suivant (qui peut encore être généralisé) :

Si dans un espace de Finsler il y a une congruence de courbes qui admet une famille de ∞^1 V_{n-1} *« d'indifférence »* [2], *c'est-à-dire telle que les tangentes aux courbes de la congruence soient parallèles le long d'une multiplicité quelconque d'éléments linéaires ayant leur centre sur les* V_{n-1} *et que de plus*

---

[1] *Rend. del Circolo Mat. di Palermo*, 42, 1917, p. 193.

[2] La dénomination est due à M. Bompiani (*loc. cit.*).

ces V_{n-1} *soient équidistants le long des courbes de la congruence, alors l'élément métrique peut être mis sous la forme*

$$ds^2 = dx^{n^2} + df\,dx^n + \varphi(x^1, x^2, \ldots, x^{n-1}; dx^1, dx^2, \ldots, dx^{n-1}),$$

f étant une fonction de $x^1, x^2, \ldots, x^{n-1}$. *Les courbes de la congruence sont données par* $x^1 =$ const., $x^2 =$ const., $\ldots$, $x^{n-1} =$ const. *et les* V_{n-1} *par* $x^n =$ const.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Systèmes cycliques déformables.* Note de M. **P. Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit S une surface quelconque; à chaque point M de S faisons correspondre un cercle C, et considérons ce cercle comme invariablement lié au plan tangent en M à S; nous obtenons une congruence de cercles (C), qui se déforme avec S.

L'un des types de problèmes que l'on peut se poser au sujet de cette déformation est le suivant : *déterminer la congruence* (C) *de façon qu'elle conserve une propriété géométrique déterminée au cours d'une déformation, soit arbitraire, soit continue de* S.

Un cas particulier intéressant est celui où l'on exige que (C) soit un *système cyclique* et le reste au cours de la déformation.

On ne connaît pas beaucoup de systèmes cycliques déformables, en dehors des systèmes formés de cercles situés dans les plans tangents d'une surface arbitraire. Citons les ∞^1 systèmes cycliques arbitrairement déformables de Bianchi, formés de cercles orthogonaux à une surface quelconque applicable sur une surface de révolution, et les ∞^2 systèmes que nous désignerons par (Γ) (comprenant ceux de Bianchi) également associés à une surface quelconque applicable sur une surface de révolution, formés de cercles situés dans les plans perpendiculaires aux plans tangents le long des tangentes aux courbes transformées des méridiens, et centrés sur les tangentes correspondantes, que nous avons étudiés dans un Mémoire antérieur [1].

Le problème général de la recherche des systèmes cycliques arbitrairement déformables semble très difficile. Nous l'avons complètement résolu pour les systèmes jouissant de cette propriété que l'*axe de chaque cercle est*

---

[1] *Annales de l'École Normale*, 3e série, 47, 1930, p. 381.

situé dans le plan tangent correspondant à la surface S, et nous nous permettons de résumer ici les résultats obtenus.

2. Il existe deux types distincts de surfaces S auxquelles on peut associer, comme il vient d'être expliqué, des systèmes cycliques arbitrairement déformables.

Le premier type est constitué par les *surfaces* S *applicables sur les surfaces de révolution*. Il y a lieu d'envisager trois cas suivant qu'il s'agit de la surface S la plus générale, d'une surface développable, ou d'une nappe de développée de surface pseudosphérique.

Si S est la surface la plus générale du type envisagé, on ne peut lui associer que les ∞^2 systèmes cycliques (Γ) du n° 1 (le nombre des systèmes cycliques devient ∞^4 si S est à courbure totale constante).

Si S est développable, aux ∞^4 systèmes (Γ) il faut adjoindre une nouvelle famille de systèmes cycliques dépendant de deux fonctions arbitraires d'un argument, U et V, et de deux constantes arbitraires α et β. Tous les systèmes obtenus en fixant α et β ont *même congruence des axes*. Les congruences des axes des cercles des systèmes obtenus par variation de U et V appartiennent par suite à la famille des congruences ∞ *fois cycliques*, étudiées en détail par Ribaucour, C. Guichard et L. Bianchi.

Si S est une nappe de développée de surface pseudosphérique S′, aux ∞^2 systèmes (Γ) du cas général, il faut adjoindre le système de Ribaucour de rayon constant relatif à S′.

3. Le deuxième type comprend des surfaces (Σ) dont nous avons déterminé le ds^2; ce ds^2 dépend de *cinq constantes arbitraires*, et à chaque surface (Σ) est associé *un* système cyclique arbitrairement déformable.

Si l'on recherche les systèmes cycliques *de rayon constant*, arbitrairement déformables avec une surface S dont les plans tangents contiennent les axes des cercles, on trouve (le cas des surfaces S développables exclu) que les surfaces S correspondantes *appartiennent au type* (Σ), leur ds^2 dépendant de *deux* constantes arbitraires au lieu de *cinq*,

$$(1)\quad ds^2 = \left\{ e^{-2u}\left[\alpha - \frac{\beta+1}{\beta} e^{2\beta(v-u)}\right] + \beta + 1 \right\} du^2 + e^{-2u} e^{2\beta(v-u)} dv^2 \qquad (\alpha \text{ et } \beta = \text{const.}).$$

On établit aisément que l'élément linéaire (1) appartient à des *quadriques imaginaires de Darboux, tangentes en un point au cercle de l'infini;* les systèmes associés à une surface S du type actuel sont des *systèmes de Ribaucour relatifs à une certaine surface pseudosphérique* (σ) *qui correspond à* S *par systèmes conjugués*.

Cette Note sera développée dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude de l'interaction-sol pour des ailes sustentatrices.* Note de M. **Albert Toussaint**, présentée par M. Henri Villat.

En appliquant la méthode des images, l'interaction d'un sol sur une cellule sustentatrice équivaut à l'interaction d'une cellule image de la cellule réelle par rapport au sol. Le problème se ramène alors à l'étude d'une cellule multiplane et les interactions correspondantes *en courant plan* peuvent être calculées comme il a été exposé (1).

Nous appliquerons cette méthode au calcul de l'interaction-sol pour *une* aile sustentatrice. L'association de l'aile réelle O_2 et de l'aile image O_1 donne alors une cellule biplane ayant les caractéristiques suivantes : cordes, $l_2 = l_1 = l$; épaisseurs, $e_2 = e_1 = e$; entreplan, $h = 2H\cos\alpha \cong 2H$ (α étant l'incidence et H la distance du centre de l'aile au sol). Interinclinaison, $\varepsilon = -2\alpha$ pour l'aile image. Décalage, $\delta_2 = \alpha$ pour l'aile O_2 et $\delta_1 = \alpha + \varepsilon = -\alpha$ pour l'aile image O_1. Dans ces conditions on aura $\delta' = -\delta''$ dans le plan des cercles générateurs. Les coefficients A_2, B_2, D_2; A_1, B_1, D_1 sont tels qu'on a : $A_1 = A_2$; $B_1 = -B_2$; $D_1 = D_2$. Il en résulte que les circulations résultantes sont égales et de signes contraires; soit $\Gamma_1 = -\Gamma_2$ et l'on a

$$\frac{\Gamma_2}{\pi V_0 l(1+\eta e)}(\varpi) = \alpha\left\{1 - \frac{1+\eta e}{8}\frac{l^2}{D_2}\left[B_2 - \frac{A_2 l^2}{D_2} + \frac{(1+\eta e)}{8}\frac{A_2 B_2 l^4}{D_2^2}\right]\right\} + \frac{\eta e}{16}\frac{b}{l}\cos\delta'\frac{B_2 l^4}{D_2^2}\left(1 - \frac{1+\eta e}{8}\frac{B_2 l^2}{D_2}\right)$$

et

$$C_{y_2} = \frac{2\Gamma_2}{V_0 l}\left(1 + \frac{u}{V_0}\right)_{(1-2)} \qquad \text{avec} \qquad \varpi = 1 - \frac{(1+2\eta e)B_2^2 l^4}{64 D_2^2}$$

et

$$\left(1 + \frac{u}{V_0}\right)_{(1-2)} = 1 + \frac{\eta e}{8}\frac{l^2\cos^2\alpha}{h^2} - \frac{\Gamma_2}{2\pi V_0 l}\frac{l\cos\alpha}{h}.$$

Les calculs ont été faits avec $(\eta e) = 0,1$ pour trois distances relatives (voir tableau ci-après).

A l'incidence $\alpha = 0$, l'interaction-sol correspond à celle d'une cellule biplane sans décalage ni interinclinaison : l'aile influencée a une sustentation négative et c'est l'épaisseur relative du profil qui gouverne la grandeur de cette interaction. La sustentation nulle ($C_{y_2} = 0$) se produit à des angles

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 700.

positifs qui tendent rapidement vers zéro quand H/l augmente. Au voisinage de $\alpha = +3^\circ$ l'interaction-sol est très faible et peu variable avec H/l [zone de croisement des courbes $C_y = f(\alpha)$ et $\Gamma = \varphi(\alpha)$]. Enfin la pente des courbes unitaires $C_y = f(\alpha)$ diminue quand α croît. L'interaction diminue de même; le calcul montre que cette évolution est gouvernée principalement par le facteur $(1 + u/V_0)$ qui diminue presque linéairement avec α du fait de son terme en Γ_2, lequel croît linéairement avec α.

Pour un allongement fini quelconque, il suffira de transformer le faisceau précédent des courbes $C_y = f(\alpha)$ par addition d'un angle induit proportionnel à C_y et dont la valeur est à prendre d'après les théories classiques du biplan d'envergure finie.

Interaction-sol en courant plan.

H/l.	$100\,C_y$.			
	$\alpha = 0^\circ$.	5°.	10°.	15°.
1/6	—54	95,5	197	245
1/4	—22	76	156	217
1/2	— 3,7	67	130	193,5
Aile seule	0	60	120	180

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Efforts qui résultent du cognement dans les moteurs*. Note [1] de MM. **Roger Duchêne** et **Jules Verdier**, présentée par M. Émile Jouguet.

Les moteurs spéciaux destinés à comparer les essences entre elles au point de vue de leur résistance au cognement utilisent le bouncing-pin de Midgley. Ce dispositif comprend une masselotte qui repose sur une plaque flexible ou diaphragme formant paroi de la chambre d'explosion. L'explosion normale développe une pression progressive qui infléchit la plaque sans que la masselotte quitte le contact. Une percussion au contraire lance la masselotte vers le haut et celle-ci vient fermer un circuit électrique.

La combustion avec choc, dite détonation, agit comme une percussion et l'expérience a montré que la quantité d'électricité qui passe dans le circuit croît avec l'importance du choc.

Nous avons placé dans le circuit un signal de Deprez disposé de manière à enregistrer les impulsions qu'il reçoit : on peut ainsi suivre les temps de fermeture des contacts du bouncing-pin. L'enregistrement donne une courbe

(1) Séance du 12 novembre 1934.

sinueuse, indiquant une succession de fermetures et de ruptures à intervalles à peu près constants. Pour un cognement faible, on observe une seule fermeture dont la durée, d'abord très faible, va en croissant comme l'intensité du cognement, puis, si le cognement continue à croître d'intensité, chaque explosion donne 2, 3, 4, ... fermetures.

On peut en conclure que l'explosion avec choc crée une percussion qui lance la masselotte; celle-ci retombe, rebondit en fermant à nouveau le circuit et ainsi de suite. Cette succession de rebondissements dure un temps qui représente une fraction importante de la durée d'un cycle du moteur. Nous avons trouvé 1/5e de période pour un cognement très fort en utilisant le moteur Armstrong et son bouncing-pin.

Il paraît probable que le courant qui s'établit dans un circuit, au moyen d'une série de contacts rapides aussi différents les uns des autres, ne peut être bien défini et il semble indiqué d'utiliser pour la comparaison d'essences une intensité de cognement qui corresponde à une ou deux fermetures seulement. Nous avons constaté d'ailleurs qu'il en est précisément ainsi lorsqu'on utilise le moteur C. F. R. dans les conditions prescrites par le constructeur (50 divisions du knockmeter). Notons que l'examen des enregistrements obtenus à l'aide du signal de Deprez doit permettre une comparaison indépendante des variations de résistance aux contacts, ainsi que des variations de voltage de la source.

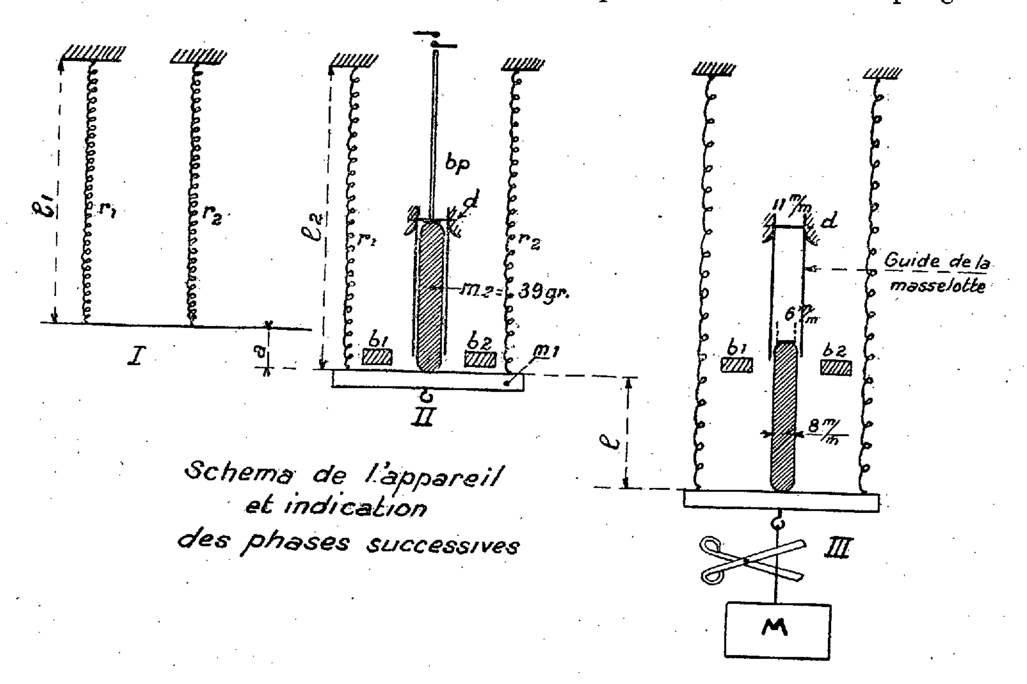
Il est possible de reproduire des enregistrements identiques à ceux provoqués par le cognement en créant une percussion sous le diaphragme au moyen d'une masselotte lancée à vitesse connue. C'est là un moyen indirect de mesurer la percussion qui accompagne les explosions détonantes. Nous avons, à cet effet, réalisé le dispositif suivant :

Sous le diaphragme d du bouncing-pin bp est introduite une masselotte m_2 portée par une barre de fer m_1. Cette dernière est suspendue par des ressorts r_1, r_2 identiques. On peut suspendre sous cette plaque un poids M, ce qui allonge les ressorts. La figure ci-après rend compte des positions respectives des diverses pièces au cours de la préparation de l'essai. Si l'on vient à retirer brusquement le poids M, en coupant le lien qui le suspend, l'équipage est lancé vers le haut et la barre de fer m_1 vient buter à la vitesse V contre des butées b_1, b_2 disposées convenablement. La masselotte m_2 continue sa course et vient percuter le diaphragme d à une vitesse très voisine de V si l'on a pris soin de régler la course libre à une valeur négligeable.

Le théorème des forces vives permet de déterminer la vitesse à laquelle

la masselotte m_2 percute le diaphragme d. Nous avons fait ce calcul dans le cas d'un enregistrement qui correspond à un cognement violent, la ligne sinueuse présentant six alternances. On trouve $V = 3^m,60$ par seconde.

La petite masselotte m_2 percute le diaphragme en son centre par une surface de cercle de 6^{mm} de diamètre, alors que le diamètre du diaphagme



est de 11^{mm}. Il y a là une différence entre la percussion mécanique et celle qui résulte de la détonation, celle-ci s'appliquant évidemment sur toute la surface du diaphragme, mais on peut admettre en première approximation que la partie centrale de l'onde de choc concourt seule au lancement de la masselotte, les efforts sur les bords du diaphagme étant neutralisés par son encastrement. En poursuivant l'approximation, on peut grossièrement assimiler la percussion de la masselotte à celle de l'onde de choc qui s'applique sur une surface circulaire de 6^{mm} de diamètre.

La percussion due à l'explosion détonante serait alors donnée par $m_2 \times V$ appliquée à une surface de 30^{mm^2} (soit 130^g à la vitesse de $3^m,60$ par centimètre carré).

Pour fixer les idées, la percussion dans un cylindre de 100^{mm} d'alésage soumis à un cognement violent, serait assimilable à la chute d'un poids

de 10^{kg} qui rencontrerait la surface du piston à la vitesse de $3^m,60$ par seconde, c'est-à-dire celle atteinte par un poids tombant d'une hauteur de 60^{cm}.

On se rend compte de l'inconvénient qu'il y a à soumettre les organes des moteurs à des efforts aussi violents.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur l'application de la relation masse-luminosité au calcul des éléments orbitaux des étoiles doubles spectroscopiques.* Note (1) de M. **Georges Durand**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Considérant les étoiles doubles spectroscopiques dont on connaît l'orbite avec le rapport des masses et la parallaxe, je me propose de montrer comment l'application de la relation masse-luminosité détermine entièrement les éléments du couple (masses et magnitudes des composantes, inclinaison, grands axes des orbites absolues) et en permet pratiquement le calcul (2).

Adoptons, pour fixer les idées, la relation d'Eddington sous la forme $m=f(M')$, m étant la masse d'une étoile et M' une valeur déduite de sa magnitude absolue visuelle par addition d'un terme U, fonction de sa seule température, donc connu à partir du type spectral (3).

Les données de l'observation sont ici : les masses minima $m_1 \sin^3 i = Q_1$ et $m_2 \sin^3 i = Q_2$, les demi-grands axes minima $a_1 \sin i$ et $a_2 \sin i$, la magnitude absolue *totale* visuelle M et les types spectraux des composantes, soit les termes U_1 et U_2. Choisissant deux inconnues auxiliaires x et y, je ramène la solution du problème aux deux équations

$$\frac{f(M+U_1+x)}{f(M+U_2+y)}=\frac{Q_1}{Q_2}, \tag{1}$$

$$10^{-0,4x}+10^{-0,4y}=1, \tag{2}$$

Les masses inconnues sont alors

$$m_1=f(M+U_1+x) \qquad \text{et} \qquad m_2=f(M+U_2+y)$$

---

(1) Séance du 12 novembre 1934.

(2) Les tentatives antérieures pour appliquer à cette classe d'étoiles la relation masse-luminosité faisaient intervenir des hypothèses supplémentaires ou se bornaient à mettre en jeu les masses minima. Voir, pour la méthode généralement suivie, *The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 19, 1925, p. 163.

(3) Voir, pour la fonction $m=f(M')$, *Monthly Notices*, 84, 1924, p. 308, et pour es valeurs de U, *Astronomical Journal*, 38, 1928, p. 98.

tandis que les magnitudes absolues individuelles sont $M_1 = M + x$ et $M_2 = M + y$. L'inclinaison i se déduit ensuite de Q_1 ou Q_2, et les grands axes, de $a_1 \sin i$ et $a_2 \sin i$.

La résolution numérique se fait aisément en appliquant à (1) la méthode des substitutions au moyen de deux tables donnant, l'une $m = f(M')$, l'autre la fonction $y = y(x)$ définie par (2); cette seconde table se trouve grandement réduite en remarquant que (2) est symétrique en x et en y et que la plus petite de ces deux inconnues est comprise entre o et 0,75, de sorte que l'argument de la table varie seulement entre ces deux nombres.

Condition de possibilité. — La présence de $\sin i$ implique une condition qui, en désignant par φ la fonction inverse de f et posant

$$S_1 = \varphi(Q_1) - (M + U_1), \qquad S_2 = \varphi(Q_2) - (M + U_2),$$

prend la forme

$$10^{-0,4 S_1} + 10^{-0,4 S_2} \leqq 1.$$

Par suite de l'analogie avec (2), on a un moyen simple de s'assurer de l'existence d'une solution : soit par un procédé graphique (le point de coordonnées S_1 et S_2 doit être dans la concavité de la courbe [2]), soit en utilisant la table $y = y(x)$.

Précision des résultats. — On connaît rarement avec précision les types spectraux de chacune des composantes, et les termes U_1, U_2 sont susceptibles d'erreurs ΔU_1 et ΔU_2; la discussion des équations du problème montre que les erreurs Δx et Δy qui en découlent ne dépassent pas en valeur absolue $|\Delta U_1 - \Delta U_2|$, et l'on a

$$\Delta M_1 = \Delta x, \qquad \Delta M_2 = \Delta y.$$

Par contre, l'erreur due à la parallaxe est plus importante; elle affecte la donnée M d'une erreur ΔM, et l'on a approximativement

$$\Delta x = \Delta y = 0, \qquad \Delta M_1 = \Delta M_2 = \Delta M.$$

Avec ces indications, la table $m = f(M')$ permet d'avoir une idée des erreurs qui affectent les masses. La relation d'Eddington ne pouvant prétendre qu'à fournir des valeurs approchées, il serait illusoire d'approfondir davantage l'influence des erreurs d'observation.

Sans vouloir discuter ici la valeur de la relation d'Eddington [1], je

[1] Les travaux sur ce sujet, d'ailleurs nombreux, ne paraissent pas concluants et montrent surtout que les données de l'observation sont encore insuffisantes pour pouvoir se prononcer. Par exemple, les Mémoires de Pearce (*Victoria*, 3, 1926, p. 275), Mac

noterai que l'application de la méthode précédente aux étoiles doubles spectroscopiques qui ont été observées comme variables à éclipses et dont les masses ont été ainsi déterminées, fait apparaître que les erreurs dues à cette relation ne sont généralement pas plus importantes que celles qui proviennent de l'incertitude des données de l'observation, spécialement de la parallaxe.

Le développement des considérations qui précèdent sera publié très prochainement, en même temps que les résultats numériques pour les étoiles doubles spectroscopiques dont l'orbite et la parallaxe sont actuellement connues.

ÉLECTRICITÉ. — *Lois du dégagement de l'électricité par torsion dans les cristaux de quartz.* Note de MM. **Ny Tsi-Ze** et **Tsien Ling-Chao**, présentée par M. Ch. Fabry.

Sur le dispositif précédemment décrit [1], la quantité d'électricité dégagée sur chaque armature a été mesurée, en mettant l'autre au sol, soit en comparant à un quartz piézoélectrique étalonné par l'intermédiaire d'un courant d'ionisation constant, soit en cherchant la torsion à appliquer au cylindre creux de quartz pour charger un condensateur de capacité connue au potentiel d'une pile Weston. En travaillant sur une trentaine de cylindres de quartz de différentes dimensions, nous avons pu arriver aux résultats suivants :

1° Les deux armatures extérieure et intérieure du cylindre creux de quartz dégagent des quantités d'électricité de signes contraires, égales entre elles.

2° La polarité d'électricité dégagée sur l'armature extérieure dépend du sens de la torsion et, en même temps, de ce que le quartz est dextrogyre ou lévogyre. Un cristal de quartz dégage, sur son armature extérieure, de l'électricité positive quand on le tord dans le sens de sa rotation optique.

3° La quantité d'électricité mise en liberté par une certaine augmentation de torsion est de signe contraire et égale à celle produite par une égale diminution de torsion.

4° Cette quantité est proportionnelle à la variation du moment du couple appliqué.

Laughlin (*Astronomical Journal*, 38, 1927, p. 21); Pitman (*ibid.*, 39, 1929, p. 57), sur les variables à éclipses dont les masses sont connues, conduisent à des résultats discordants selon qu'on calcule les magnitudes absolues par les lois du rayonnement ou avec les parallaxes observées.

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1595.

5° Pour une même variation du couple de torsion, elle est proportionnelle à la longueur, inversement proportionnelle au diamètre extérieur et inversement proportionnelle à la différence des diamètres extérieur et intérieur du cylindre creux de quartz.

La constante de proportionnalité k dans la formule $q = k \frac{l}{d_0(d_0 - d_i)} L$ a été trouvée égale, en moyenne, à $9,3 \times 10^{-8}$ en unités absolues C. G. S. électrostatiques, q étant le dégagement d'électricité, L le moment du couple appliqué, l, d_0 et d_i la longueur et les diamètres extérieur et intérieur du cylindre creux de quartz. Cette constante peut varier de quelques pour cent d'un échantillon de quartz à l'autre. Deux cylindres sur les vingt-sept étudiés donnaient à la constante k une valeur inférieure à 8×10^{-8} qui est naturellement à rejeter, et ces deux morceaux de quartz devraient être considérés comme de mauvaise qualité. Le facteur $l/d_0(d_0 - d_i)$ a varié dans nos expériences de 0,79 à 23,3 cm^{-1}, donc dans la proportion de 1 à 30.

Un cylindre creux long, mince, de petit diamètre peut avantageusement remplacer un quartz piézoélectrique dans la mesure de courants d'ionisation par compensation. Un cylindre creux de 0,8 et de $0^{cm},4$ de diamètres extérieur et intérieur et de 8^{cm} de longueur dans la direction de l'axe optique dégagera, à poids égal (bras du couple : 14^{cm} dans notre appareil), une quantité d'électricité deux fois plus grande qu'un quartz piézoélectrique de $0^{mm},6$ d'épaisseur et de 8^{cm} de longueur. Une lame de 8^{cm} de longueur dans le sens normal aux axes optique et électrique ne peut être taillée que dans un gros cristal de quartz, tandis qu'un cylindre de 8^{cm} de longueur dans la direction de l'axe optique mais de petit diamètre se trouve aisément. D'autre part, le cylindre sera beaucoup plus solide, au point de vue mécanique, qu'une lame de $0^{mm},6$ d'épaisseur.

Remarque sur la Communication précédente, par M. **Ch. Fabry**.

La Note de MM. Ny Tsi-Zé et Tsien Ling-Chao apporte une contribution intéressante et précise à l'étude d'un phénomène déjà connu. Je tiens à rappeler que les lois du dégagement d'électricité par torsion ont été déjà énoncées par M. E.-P. Tawil dans deux Notes publiées dans les *Comptes rendus* :

1° *Nouveau mode de développement d'électricité par torsion dans les cristaux de quartz* (187, 3 décembre 1928, p. 1042).

2° *Lois du dégagement d'électricité par torsion dans le quartz* (*strépho-électricité*) (199, p. 1025, présentée le 5 octobre 1934, publiée le 12 novembre 1934).

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les régimes transitoires, à l'enclenchement d'un circuit oscillant comportant un noyau de fer.* Note([1]) de M. **Edmond Rouelle**, présentée par M. Paul Janet.

On sait que, dans un circuit ferro-résonnant, et pour certaines valeurs des paramètres U, f, C, R, une même tension peut engendrer indifféremment l'un ou l'autre des deux régimes stables qui se distinguent par l'amplitude, la phase et la forme d'onde du courant ([2]).

J'ai analysé les phénomènes transitoires qui prennent naissance à l'enclenchement d'un tel circuit, sur une source de courant alternatif, et précisé l'action des divers facteurs susceptibles de favoriser l'établissement de l'un, ou de l'autre, des deux régimes permanents, à l'intérieur du domaine où ils sont également observables.

Les résultats exposés ci-après se rapportent à un circuit dont la résistance est négligeable (0,34 ohm) et la capacité, égale à μF; la caractéristique $U = f(I)$ de la bobine, sous tension sinusoïdale, est jalonnée approximativement par les trois points suivants :

$U = 50$ V, $I = 0,55$ A; $U = 100$ V, $I = 1,3$ A; $U = 120$ A, $I = 10$ A.

Pour la fréquence de 50 p/s. que j'utilise, le domaine du double régime est limité aux tensions critiques : $U_1 = 58,5$ V et $U_5 = 25$ V, environ.

Les conditions initiales sont déterminées par la tension initiale V_0 aux bornes du condensateur, le flux rémanent φ_r à travers une section droite du circuit magnétique de la bobine, et l'instant d'enclenchement. Je caractérise ce dernier par le paramètre τ, défini, en fonction de la tension initiale u_0 appliquée aux bornes du circuit, par la relation $u_0 = U_m \sin \varpi\tau$.

1. *Manifestation du régime intermédiaire instable.* — Lorsqu'on maintient constants tous les paramètres U, C, f, R, τ, φ_r et v_0, les enclenchements successifs donnent, en général, naissance au même régime transitoire et au même régime permanent. Si l'on modifie la tension seule, ce régime permanent est à fort courant, pour les valeurs les plus élevées de U, et à faible courant, pour les plus basses. Pour une valeur intermédiaire de la tension (en fait, pour un intervalle de 0,5 à 1 volt, en raison des imperfections du réglage), on obtient tantôt l'un, tantôt l'autre, des régimes per-

([1]) Séance du 12 novembre 1934.

([2]) E. Rouelle, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1426.

manents. Les oscillogrammes relevés, dans ces conditions, montrent qu'à partir de la troisième ou quatrième alternance, l'amplitude tend à se stabiliser, pendant un temps plus ou moins long, à une valeur comprise entre les amplitudes des régimes stables à faible et fort courant. La forme d'onde, le déphasage et l'amplitude réalisés, pendant cette stabilisation passagère, coïncident avec ceux du régime intermédiaire instable, que la théorie fait prévoir, mais qui n'avait encore jamais été observé. Après être restée constante pendant un certain nombre d'alternances (jusqu'à huit), l'amplitude évolue vers l'un ou l'autre des deux régimes stables. L'issue de cette évolution n'est plus liée directement aux conditions initiales, mais plutôt à une légère variation d'un des paramètres, U ou f, supposés constants.

J'appelle « tension intermédiaire » U_i la tension sous laquelle est observé le régime instable; ses variations en fonction de τ, φ_r et v_0 permettent de caractériser, quantitativement, l'influence de ces trois paramètres.

2. *Influence de l'instant d'enclenchement.* — Un calcul approché montre que le premier maximum I_1, du courant, est d'autant plus considérable que l'enclenchement est plus voisin du zéro de la tension appliquée; on ne peut toutefois établir, *a priori*, qu'il en est de même pour la surintensité maximum, atteinte vers la troisième ou quatrième alternance.

L'étude des variations de la tension intermédiaire, en fonction de τ, confirme et complète les renseignements précédents. La variation est évidemment périodique et sa fréquence est double de celle de la source, car deux alternances successives de cette dernière jouent naturellement le même rôle, dans les conditions de cet essai. Le maximum, qui correspond à la plus faible surintensité, est atteint pour $\tau = T/4$; il n'est inférieur que de 3,3 volts à la tension critique supérieure U_1; le minimum, qui correspond à $\tau = 0$, dépasse encore de plus de 23 volts la tension critique inférieure U_2. La différence entre ces valeurs extrêmes n'atteint ainsi que 12 pour 100, environ, de la valeur moyenne. L'allure de la courbe est assez grossièrement sinusoïdale, plus aiguë cependant au maximum qu'au minimum, ce qui se justifie par le fait que les variations, en fonction de τ, de l'intégrale $\int_0^t u/n\,dt$, qui représente, sensiblement, l'augmentation de flux dans la bobine aussitôt après l'enclenchement, sont plus rapides au voisinage du maximum de u qu'à celui du zéro.

3. *Influence du flux rémanent.* — L'expérience a été tentée avec φ_r positif ou négatif, voisin, en valeur absolue, du maximum qu'on peut réaliser, pour la bobine étudiée. La courbe représentant les variations de U_i, en

fonction de τ, demeure périodique, mais sa fréquence est, cette fois, celle de la source, car deux alternances consécutives ne jouent plus le même rôle : si, en effet, au cours de l'une d'elles, la variation de flux $\int_0^t u/n\, dt$ est du signe φ_r, elle est de signe contraire au cours de la suivante. L'amplitude de la variation dépasse, cette fois, 35 pour 100 de l'ordonnée moyenne, laquelle est inférieure de 5 volts environ à celle qu'on observait sans rémanent. Pour un flux rémanent positif, le minimum correspond à l'enclenchement au zéro pour lequel la tension s'annule en croissant ($\tau = 0$). La comparaison avec la courbe obtenue sans rémanent montre que : à l'intérieur d'un intervalle, qui déborde un peu, de part et d'autre, de la zone où la tension appliquée croît (en valeur algébrique) au moment de l'enclenchement, le flux rémanent positif a pour effet d'abaisser notablement la tension U_i; à l'extérieur il la relève au contraire, légèrement.

Si φ_r est négatif, le rôle des deux alternances consécutives est inversé et la courbe est identique à la précédente, mais décalée d'une demi-onde.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le comportement cathodique des sels organiques de cuivre. Étude de différents facteurs.* Note [1] de M. G. **Kravtzoff**, présentée par M. G. Urbain.

Comme suite à nos Notes précédentes [2], nous avons étudié les facteurs suivants :

1° *Influence de la température.* — En général, l'élévation de température augmente la surcharge des dépôts; ce fait a été signalé entre autres par Chassy qui a trouvé que des solutions concentrées de SO^4Cu donnaient à chaud une forte proportion de Cu^2O. Il nous a semblé intéressant de voir si la proportion de Cu^2O augmentait avec l'élévation de température dans les cas de sels organiques de cuivre; en général, cela a lieu, mais avec le formiate de cuivre les dépôts présentent une surcharge légèrement inférieure à celle qu'une même solution donne à froid. *D'autre part, il apparaît à chaud des stries sur les dépôts.* Deux mécanismes doivent présider à la formation des dépôts : l'un tendant à augmenter la proportion de Cu^2O (hydrolyse), l'autre tendant à la diminuer; ce deuxième mécanisme ne peut

---

(1) Séance du 12 novembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 157; **199**, 1934, p. 1029.

être une redissolution d'une partie du dépôt par l'acide formé, puisque dans le cas du sulfate de cuivre, l'élévation de température favorise la formation de Cu^2O à la cathode, il y a lieu de rechercher dans les propriétés réductrices particulières de l'acide formique l'explication de cette anomalie.

2° *Influence de l'addition de sels ayant un anion commun.* — En général, l'addition de tels sels conduit à une légère diminution en Cu^2O; il se présente, néanmoins, une anomalie dans le cas d'addition de formiate d'Am [1] à une solution de formiate de cuivre : pour une densité de courant de 25 mA/dm², on a une surcharge bien plus forte qu'avec une solution de formiate de cuivre équimoléculaire en Cu; cette anomalie disparaît pour une densité de courant de 100 mA/dm²; aux densités de courant plus élevées, la proportion de Cu^2O diminue considérablement.

Solutions.	Proportions en cm³.	Valeurs de poids $Cu_{tot.}/Cu_{volt}$ pour les densités de Ct en mA/dm². 25.	50.	100.	200.	400.
Formiate de Cu à 17g,10 de Cu ‰ (F^2Cu).....	750 F^2Cu + 250 H^2O	1,34	1,33	1,31	1,21	1,12
	750 F^2Cu + 250 AmF	[1,47 (?)]	1,32	1,20	1,13	1,03
Formiate d'Am à environ 200g ‰ (FAm)......	750 F^2Cu + 50 AmF + 200 H^2O	1,38	–	–	–	–
	750 F^2Cu + 25 AmF + 225 H^2O	1,35	–	–	–	–
Formiate de Na à environ 200g % (FNa)........	750 F^2Cu + 250 FNa	1,32	1,33	1,31	1,21	1,11
	750 F^2Cu + 250 FCa	1,27 (?)	1,33	1,31	1,21	1,11
Formiate de Ca à environ 100g % (FCa).........	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
Acétate de Cu à 22g,5 de Cu % (AcCu)........	750 AcCu + 250 H^2O	1,76	–	–	1,46	–
	750 AcCu + AcAm 250	1,76	–	–	1,08	–
Acétate d'Am à 200g ‰...	750 AcCu + 250 AcNa	1,76	–	–	1,41	–
Acétate de Na à 200g ‰...	750 AcCu + 250 AcMg	1,68	–	–	1,43	–
Acétate de Mg à 100g ‰...	–	–	–	–	–	–

4° *Influence de la force de l'acide.* — On peut établir, comme règle générale, que des solutions de sels de cuivre donneront d'autant plus d'oxyde cuivreux que la constante de dissociation de l'acide est plus faible. La libération d'acide par suite de l'hydrolyse des sels cuivreux et cuivriques aura une tendance d'autant moins marquée à faire rétrograder l'hydrolyse que cet acide sera plus faible.

---

(1) L'aspect des dépôts est totalement différent, les dépôts sont rouges, carmin et laqués.

Ainsi, une solution de propionate de cuivre [1] donnera, dans les mêmes conditions, une plus forte proportion de Cu^2O qu'une solution d'acétate de cuivre.

En résumé, on peut conclure que les sels organiques de cuivre, sauf quelques anomalies avec le formiate de cuivre, se comportent électrochimiquement de la même manière que le sulfate de cuivre, avec cette seule différence qu'ils donneront d'autant plus de Cu^2O *que l'anion est plus faible.*

OPTIQUE. — *Sur les phénomènes de mirage optique dus aux ondes élastiques.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. P. Langevin.

Lors de recherches poursuivies avec Pierre Biquard nous avons montré les principales propriétés optiques des milieux traversés par les ondes élastiques longitudinales de fréquences élevées (ultra-sons) [2].

Je me propose, dans cette Note, de préciser certains points relatifs aux phénomènes de mirage des rayons lumineux sous l'action des ondes élastiques, ainsi que la possibilité d'utilisation de ces phénomènes pour diverses mesures.

Considérons un faisceau de lumière parallèle, de petite section vis-à-vis de la longueur d'onde élastique Λ des ondes longitudinales; la lumière se propageant dans la direction Oy et les ondes élastiques dans la direction Oz perpendiculaire à Oy. Soient δn l'amplitude de variation de l'indice de réfraction n du milieu sous l'action des ondes élastiques et y l'épaisseur du milieu soumis aux ondes élastiques.

Après la traversée du milieu perturbé le faisceau sera dévié d'un angle α

(1) MM. Audubert et Roulleau ont bien voulu examiner, au point de vue photoélectrique, les dépôts provenant de l'électrolyse de propionate et du formiate de cuivre au contact d'électrolytes. Dans le cas du propionate de cuivre (dépôt constitué par de l'oxyde cuivreux pratiquement pur), on observe une photosensibilité analogue à celle des anodes recouvertes de Cu^2O par voie thermique; au contraire, les dépôts obtenus à partir du formiate de cuivre ne donnent pas lieu à des électrodes sensibles à l'action de la lumière. Il y a lieu de remarquer qu'Allen et ses collaborateurs n'avaient pu déceler de propriétés photoélectriques avec les dépôts provenant de l'électrolyte de solutions d'acétate de Cu.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2132, et **195**, 1932, p. 121; *Journ. de Phys.*, 7e série, **3**, no **10**, 1932, p. 464-477.

tel que

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{\partial z}{\partial y} = \sqrt{\frac{\delta n}{n}} \sin\frac{\pi t}{T}\, cn\left[K + \frac{2\pi y}{\Lambda}\sqrt{\frac{\delta n}{n}}\right].$$

avec

$$K = \int^{1} \frac{dx}{\sqrt{(1 - x^2)\left(1 - x^2 \sin^2\frac{\pi t}{T}\right)}},$$

t désignant le temps et T la période des ondes élastiques.

Cette expression de la déviation s'obtient d'après l'équation des trajectoires des rayons lumineux traversant un milieu dont l'indice de réfraction varie suivant une loi sinusoïdale du temps. L'approximation faite ici consiste à négliger la vitesse du son vis-à-vis de celle de la lumière.

L'étude de la fonction tang(α) qui est une fonction périodique du temps t (période T) montre que :

a. Pour des valeurs telles que $(2\pi y/\Lambda).\sqrt{\delta n/n} \leqq 0,8$ environ, tang α est très sensiblement une fonction sinusoïdale du temps (de forme sin $2\pi t/T$);

b. Pour $0 < (2\pi y/\Lambda).\sqrt{\delta n/n} < 1,6$ environ, l'amplitude de tang α est sensiblement proportionnelle à l'amplitude d'indice δn et à l'épaisseur y traversée.

Un contrôle de ces résultats pourrait se réaliser pratiquement de la manière suivante. Le pinceau lumineux peut être soumis à l'action simultanée de deux systèmes d'ondes élastiques orthogonales et de même période, les plans d'ondes étant parallèles aux rayons lumineux. Ceci peut se réaliser soit à l'aide de deux sources sonores différentes, soit à l'aide d'une source associée à un plan réflecteur acoustique. Dans ces conditions le pinceau lumineux reçu sur un écran décrira une trajectoire due à la composition de mouvements vibratoires orthogonaux.

Si la condition (*a*) est observée, et pour une même valeur de la période des deux sources acoustiques cette trajectoire est une ellipse. En modifiant la phase d'un des systèmes d'onde on peut vérifier les lois de composition des mouvements vibratoires. Si l'on respecte la condition (*b*) on peut déduire de ces phénomènes un procédé de mesure des pouvoirs réflecteurs élastiques et des absorptions par exemple.

SPECTROSCOPIE. — *Effet de la température et des radiations visibles et infrarouges sur la résistance électrique du bore.* Note de MM. **René Freymann** et **Arthur Stieber**, transmise par M. A. Cotton.

Nous avons étudié, en fonction de la température, les variations de la résistance électrique de divers échantillons de bore particulièrement purs (à plus de 99 pour 100) préparés par l'un de nous en collaboration avec M. Hackspill ([1]). Les résultats obtenus pour un échantillon filiforme sont résumés dans le Tableau I (longueur de l'échantillon 5^{mm} environ; diamètre moyen 1^{mm},5); les autres échantillons ont fourni des résultats peu différents.

Tableau I.

Température en degrés C.	Résistance en mégohms.	Température en degrés C.	Résistance en mégohms.	Température en degrés C.	Résistance en mégohms.
5	120,0	45	34,6	85	7,2
10	108,0	50	28,1	90	6,2
15	96,0	55	23,3	95	5,2
20	84,0	60	19,9	100	4,1
25	71,2	65	16,6	105	3,3
30	60,2	70	13,7	110	2,7
35	50,3	75	11,0		
40	41,7	80	8,8		

Ces résultats confirment, pour une échelle de températures d'ailleurs moins étendue, les résultats de Weintraub ([2]); la variation rapide au voisinage de la température ordinaire est particulièrement remarquable : environ 2 mégohms par degré.

Ces expériences nous ont conduits à remarquer un *effet des radiations visibles et du proche infrarouge* sur la résistance électrique du bore : la résistance d'un certain échantillon de bore passe, par exemple, de 100 mégohms dans l'obscurité à 35 mégohms sous l'influence du rayonnement d'une lampe pointolite 1000 B. à 50^{cm} environ.

L'étude de la sensibilité spectrale du bore a été faite à l'aide d'un spectromètre à prisme de verre, puis avec un spectromètre à réseau; une faible partie de la baguette de bore est seule éclairée; la source utilisée est une

([1]) A. Stieber, *Thèse*, Paris, 1933.

([2]) *J. ind. eng. Chem.*, 5, 1913, p. 112.

lampe pointolite 500 B. Le Tableau II indique les résultats obtenus avec le spectromètre à réseau (dont les fentes d'entrée et sortie occupent 60 Å dans la spectre).

TABLEAU II.

λ en μ......	0,444.	0,501.	0,558.	0,614.	0,670.	0,726.	0,782.	0,837.
Déviations du galvanomètre en mm...	0,5	1	1	7	30	48	80	100
λ en μ......	0,893.	0,948.	1,002.	1,009.	1,112.	1,164.	1,218.	
Déviations du galvanomètre en mm...	95	70	20	10	7	3	0,5	

On voit que le bore, déjà sensible aux radiations voisines de $0^{\mu},5$, est particulièrement apte à déceler les radiations infrarouges vers $0^{\mu},85$ mais ne permet guère de dépasser $1^{\mu},2$.

Pour interpréter ces variations de la résistance du bore sous l'influence des radiations visibles et infrarouges deux hypothèses sont possibles : 1° il s'agirait d'un effet purement thermique des radiations; 2° il s'agirait d'un effet de photoconductibilité du bore, analogue à celui que présente le sélénium, par exemple. Comme pour cette dernière substance, la variation de résistance du bore après éclairement n'est pas instantanée : il faut 2 minutes environ pour atteindre un état de régime. Des expériences complémentaires permettront de se prononcer en faveur de l'une ou l'autre des hypothèses.

SPECTROSCOPIE. — *Luminescence excitée par le roulement du mercure dans une ampoule de verre renfermant du néon impur sous faible pression.* Note de M. **Georges Déjardin** et Mlle **R. Schwégler**, présentée par M. Charles Fabry.

Le roulement du mercure sur le verre dans le vide produit une luminosité dont les caractères et les causes ont été déjà l'objet de recherches approfondies (Duffieux, Stefan de Walden). Nous avons étudié le phénomène analogue observé avec une ampoule de verre renfermant du néon sous une pression de l'ordre du millimètre de mercure. Ce gaz était introduit dans des ampoules sphériques en verre au plomb, de $7^{cm},5$ de diamètre, renfermant une large goutte de mercure. Bien que certaines précautions aient été prises pour éviter la présence d'impuretés en quantité notable (distillation du mercure, étuvage de l'ampoule), nous n'avons pas cherché à purifier complètement le gaz de remplissage (néon pur de la Société *L'Air liquide*), qui renferme des traces d'azote et peut-être

d'hélium. Chaque ampoule, placée dans un support approprié, pouvait être mise en rotation à l'aide d'un moteur électrique. La luminosité observée dans ces conditions à l'intérieur d'une ampoule récemment préparée s'atténue progressivement, et finit même souvent par disparaître complètement au bout de quelques heures d'agitation continue. Mais un repos prolongé suffit pour obtenir de nouveau l'illumination du gaz pendant une période plus ou moins longue. Nous avons d'ailleurs supprimé cet effet de fatigue en exerçant un frottement permanent (étoffe ou carton) sur la paroi externe de l'ampoule en mouvement. Nous avons vérifié que cet artifice ne modifie pas sensiblement la composition spectrale du rayonnement.

L'étude spectroscopique de la luminosité obtenue à la température ordinaire nécessite l'emploi d'un appareil très lumineux. Nous avons utilisé un spectrographe à deux prismes dont l'objectif de chambre, de 90^{mm} de distance focale, travaille à F/1,5 environ ([1]). Cet appareil a été construit par J. Dufay en vue de l'étude du fond du ciel nocturne à l'Observatoire de Lyon. Dans le cas de nos ampoules Ne — Hg, une durée de pose d'une dizaine d'heures permet d'obtenir, sur plaque Fulgur Guilleminot un spectre assez riche et bien développé. Dans la région 5000-3700 Å, l'analyse détaillée de nos spectrogrammes nous a permis de déceler, en plus des raies dont l'attribution au mercure n'est pas douteuse (Hg I : 4358, 4347 Å, Hg II : 3984 Å), l'existence d'un spectre qui présente de grandes analogies avec celui de l'aurore boréale, tel qu'il résulte des observations de L. Végard ([2]). Le tableau suivant permet la comparaison entre l'émission des ampoules Ne-Hg et les spectres de l'aurore et du ciel nocturne. Il montre que les intensités relatives des raies et tête de bandes enregistrées sur nos clichés sont assez voisines de celles des mêmes radiations dans le spectre auroral. Il est probable qu'en répétant nos expériences dans de meilleures conditions, avec des mélanges gazeux soigneusement dosés, il serait possible d'obtenir des renseignements précieux sur l'origine des radiations qui prennent naissance dans la haute atmosphère. Sous réserve des erreurs d'idensification qui peuvent résulter de la faible dispersion des spectrogrammes, il est déjà curieux de constater que la totalité de l'émission puisse être attribuée avec quelque vraisemblance à la molécule et à l'atome d'azote.

([1]) *Réunion de l'Institut d'Optique du* 13 *juin* 1933, p. 29.

([2]) *Geofysiske Publikasjoner*, Tromsö, 10, n° 4, Oslo, 1933.

λ et int. obs. (ampoules Ne-Hg).		Int. (aurore, Vegard).	Int. (ciel nocturne, Cabannes et Dufay, Gauzit).	Origine.
4859 Å	2	10	–	4861 H_β
4737	0	–	–	NI : 4731, 4736, 4743; HgII : 4742
4708	3	40	1 C. D.	N_2^+(N) : 4709; NeI : groupe 4703-4715; HeI : 4713
4651	0	20	? C. D.	N_2^+(N) : 4652; NeI : groupe 4645-4661
4625	0	–	–	NI : 4626; NII : 4621, 4631; NeI : 4628
4337	1	15	1 C. D.	N_2(2P) : 4344; NI : 4337; HgI : 4339; NeI : 4334, 4336; 4341 H_γ
4278	7	100	2 C. D.	{ N_2^+(N) : 4278 (P et R)
4269	3	52	2 C. D.	{ N_2(2P) : 4269; NeI : 4268, 4270
4236	1	24	0 C. D.	N_2^+(N) : 4236
4218	0	15	3 C. D.	NI : groupe 4215-4225; HgII : 4217
4200	2	10	1 C. D.	N_2^+(N) : 4199; N_2(2P) : 4201
4140	1	7	2 C. D.	N_2(2P) : 4141; NI : 4138; HeI : 4143
4122	0	8	2 C. D.	N_2^+(N) : 4121; HgII : 4122; HeI : 4121
4091	1	8	2 C. D.	N_2(2P) : 4094
4057	4	14	1 G.	N_2(2P) : 4059
4034	0	–	0 G.	NI : 4034-4037; NII : 4035-4041; HgIII : 4033, 4035
4025	1	–	2 C. D.	NII : 4026; HeI : 4026; HgIII : 4026
3996	5	15	1 C. D.	N_2(2P) : 3998; NI : 4000; NII : 3995
3940	2	10	2 G.	N_2(2P) : 3942
3914	10 }	200	3 C. D.	{ N_2^+(N) : 3914 (P et R)
3905	3 }			{ HgI : 3906; HgII : 3905
3886	1	10	3 G.	N_2^+(N) : 3884; HeI : 3889
3866	0	5	? G.	NI : 3869; HeI : 3868
3845	0	–	–	NII : groupe 3838-3856
3805	2	20	1 G.	N_2(2P) : 3805
3772	0	5	0 G.	NIII : 3771; NeI : 3769; NeII : 3766, 3777
3760	1	17	–	N_2(2P) : 3755; NeI : 3754
3732	0	5	? G.	NeII : 3727, 3734; HeI : 3733
3713	1	10	2 G.	N_2(2P) : 3710; NeII : 3709, 3713

N_2^+(N) : bandes négatives de l'azote; N_2(2P) : second groupe positif.

RADIOCHIMIE. — *Contribution à l'étude des réactions photochimiques (Action des acides phosphoreux et hypophosphoreux sur les sels d'uranyle).* Note de MM. **Frédéric Diénert** et **Fernand Villemaine**, présentée par M. Jean Perrin.

Rosenheim et Trewendt ont montré qu'en maintenant à l'obscurité une solution d'hypophosphite de sodium, additionnée d'un sel d'uranyle, il ne se produit aucune réaction si le milieu est fortement acide. Le phosphite de sodium, en milieu neutre ou en présence d'acides faibles détermine un précipité.

Nous avons constaté qu'à la lumière ces mêmes mélanges donnent lieu, même en milieu acide, à un précipité d'autant plus rapide que la lumière est plus vive et plus chargée en rayons de courte longueur d'onde.

Notre étude a porté surtout sur la réaction entre l'hypophosphite de sodium et le sulfate d'uranyle en milieu acide. L'hypophosphite est toujours ajouté en excès et l'acide utilisé est l'acide sulfurique.

A l'obscurité ce mélange se conserve indéfiniment limpide, même lorsqu'il est porté à l'ébullition. Transporté dans un ballon en Pyrex à la lumière diffuse du laboratoire il se trouble en 150 secondes, au soleil en 50 secondes, à l'ombre en 180 secondes.

Pour que ce mélange se trouble à la lumière d'une lampe à incandescence il faut porter le filament de celle-ci à la plus haute température possible. La précipitation s'arrête aussitôt qu'on transporte le ballon à l'obscurité. La lumière est donc nécessaire à cette réaction.

Si la réaction s'amorce assez vite à la lumière, elle s'y poursuit pendant un temps assez long parce que le trouble formé filtre de plus en plus la lumière, forme écran à celle-ci et modère son action. Le précipité ainsi obtenu est toujours vert. Sa couleur est pâle quand le liquide est pur acide, elle fonce en milieu très acide.

Le précipité n'a aucune apparence cristalline, il est colloïdal, insoluble dans l'eau et l'acide sulfurique dilué (6^g par litre). Tout l'uranium est précipité par un excès d'hypophosphite en présence de cette dose d'acide sulfurique, mais il faut un temps assez long. Le corps obtenu est oxydé très incomplètement par le permanganate en milieu acide, même à l'ébullition. Il est solubilisé et oxydé par l'acide nitrique. Chauffé à 500° il brûle avec flamme.

Les alcalis comme l'ammoniaque, la soude, la potasse, noircissent le

précipité et le transforment en oxyde noir d'uranium. Les anions passent en solution.

En raison de son caractère colloïdal le précipité jouit d'un assez fort pouvoir adsorbant pour les substances en solution. En outre ce mélange d'un sel d'uranyle et d'un réducteur donne lieu à des phénomènes d'oxydation. Le précipité est donc un hypophosphite contenant un peu de phosphate et de phosphite mélangé de phosphate de soude et de sulfate uraneux. Suivant l'acidité du milieu, l'intensité de la lumière, le précipité aura une composition variable en phosphate et en uranium.

Par exemple quand on analyse le précipité obtenu dans les deux premières heures d'insolation et celui obtenu ensuite, on trouve :

	U pour 100.	P pour 100.
Précipité obtenu dans les deux premières heures d'insolation...	54,78	15,79
Précipité obtenu ensuite................................	55,27	17,08

Le précipité obtenu à la lumière solaire direct à une composition différente de celui obtenu dans le laboratoire :

	P pour 100.	U pour 100.
Au soleil..	17,49	54,54
A la lumière du laboratoire................................	16,45	55,92

Si l'on fait varier l'acidité on trouve :

Gramme par litre d'acide sulfurique...........	0,66	2,2	4,4	6,6
Rapport P/U..................................	1,94	2,42	2,71	2,07

Enfin agité en présence de doses faibles (1g par litre) d'acide sulfurique un peu du précipité se répand dans le liquide en suspension colloïdale. En présence de doses plus fortes d'acide le précipité reste insoluble.

Avec le phosphite de soude on obtient un précipité plus facilement soluble dans les acides.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude dilatométrique de quelques verres ternaires silice-soude-alumine*. Note de M. **Édouard Rencker**, présentée par M. G. Urbain.

Préparation des verres. — Les différents échantillons ont été préparés par fusion au four Chaudron et Garvin suivant une méthode déjà utilisée pour les verres silice-soude-glucine ([1]). La glucine a été toutefois remplacée ici

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 840.

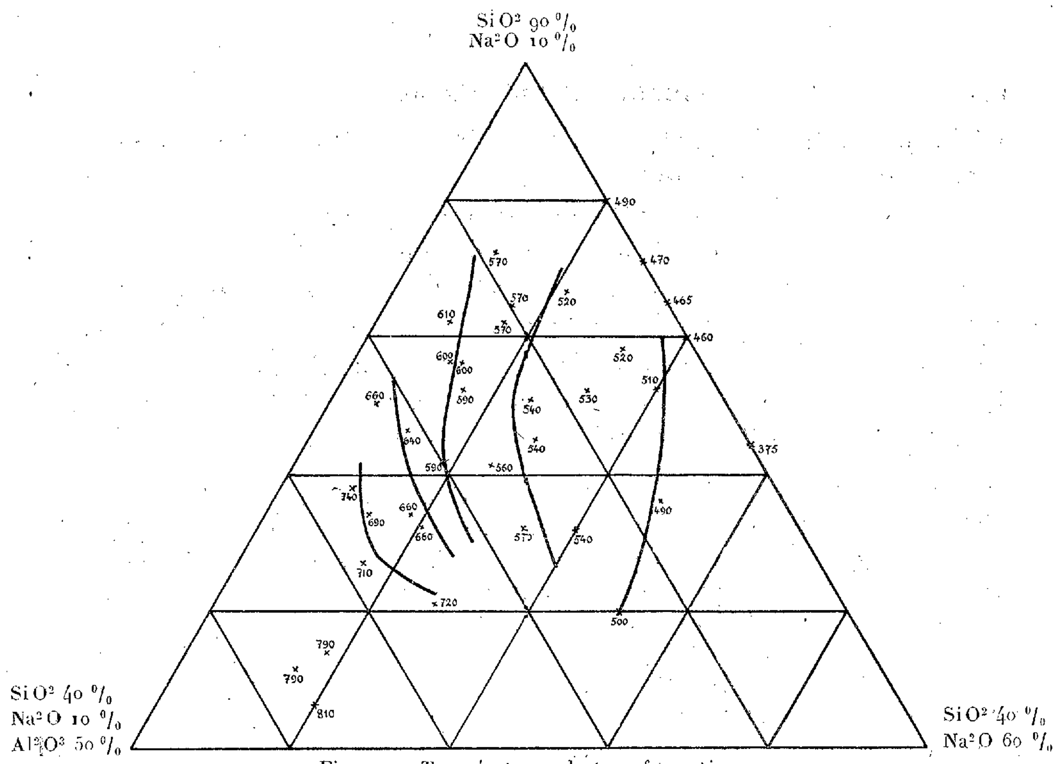


Fig. 1. — Températures de transformation.
On a représenté les isothermes de 500, 550, 600, 650, 700 degrés.

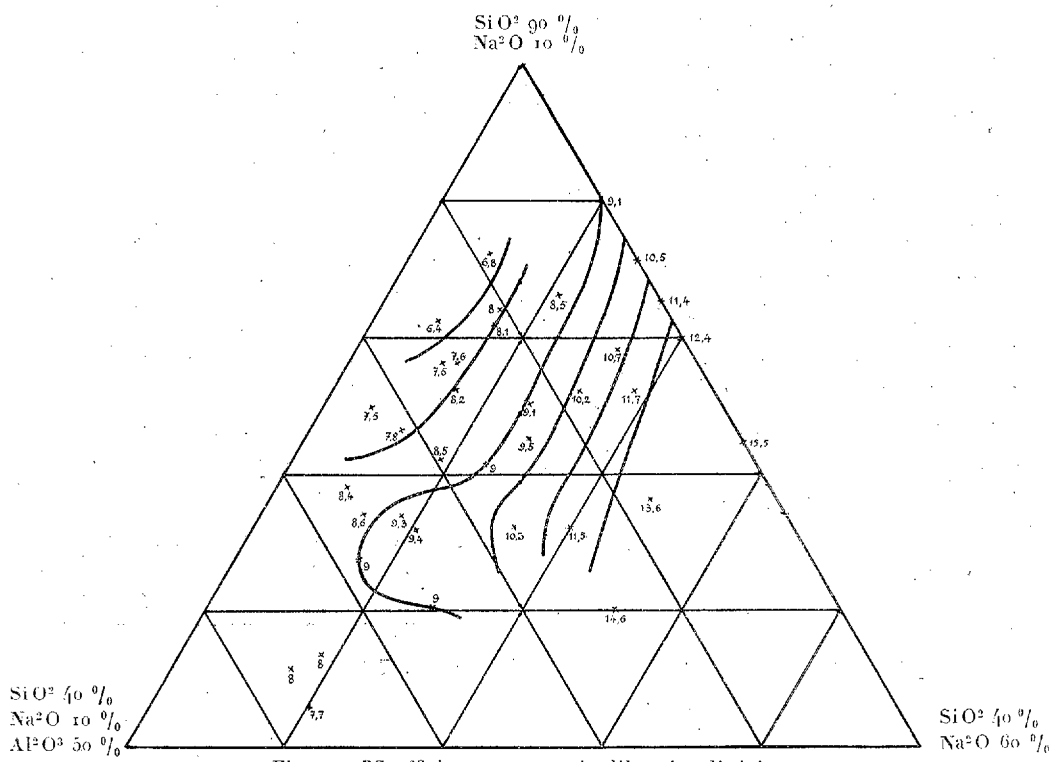


Fig. 2. — Coefficients moyens de dilatation linéaire.
On a représenté les isectases correspondantes à 7, 8, 9, 10, 11, 12×10^{-6}.

par de l'alumine. J'ai parfois introduit ce constituant dans le mélange vitrifiable sous forme d'aluminate de sodium Al^2O^3, Na^2O. Ce composé se dissout plus facilement dans le silicate de soude fondu. La température de fusion peut être moins élevée et la durée de la chauffe plus courte. Il a fallu malgré tout atteindre 1750 et même 1800° pour fondre convenablement les verres les plus réfractaires contenant plus de 30 pour 100 d'alumine.

Méthode analytique. — Silice : Fusion au carbonate de soude; reprise par l'acide chlorhydrique, double évaporation à sec, essai de pureté par l'acide fluorhydrique.

Alumine : Précipitation dans le filtrat par l'ammoniaque en présence de chlorure d'ammonium.

Soude : Attaque du verre par l'acide fluorhydrique en présence d'acide sulfurique, séparation de l'alumine par l'ammoniaque. Calcination à l'état de sulfate.

La somme des masses des constituants reproduit la masse de l'échantillon de verre étudié à moins de 1 pour 100 près. Pour abréger ces opérations, la soude a été quelquefois déterminée par différence.

Résultats des mesures. — Chacun des verres a été étudié au dilatomètre Chévenard [1]. On a ainsi pu mesurer le coefficient de dilatation et la température de transformation, qui se confond avec le début du ramollissement. Les résultats ont été portés sur les diagrammes triangulaires (*fig.* 1 et 2).

Le diagramme des températures de transformation, sur lequel on a indiqué les isothermes, montre que le remplacement de la soude et de la silice par l'alumine introduisent toujours une élévation de la température de ramollissement. On a pu obtenir ainsi des verres dont la température de transformation atteint 800°, supérieure de 150 degrés aux verres usuels les plus réfractaires.

Le diagramme des coefficients de dilatation de 20 à 100° sur lequel on a donné l'allure des courbes d'égale dilatation (isectases) montre que la loi d'additivité de Schott ne se vérifie qu'approximativement dans une région très limitée. Si cette loi s'appliquait, les isectases seraient en effet des droites parallèles et équidistantes.

Le remplacement de la soude par l'alumine dans un verre entraîne une diminution du coefficient de dilatation. Le remplacement de la silice par l'alumine produit en général une légère diminution; dans une petite région limitée du diagramme, pour des teneurs en alumine supérieure à 20 pour 100, il introduit au contraire une augmentation.

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1049; **198**, 1934, p. 571.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la topographie de certaines surfaces d'après leur coefficient de diffusion lumineuse. Application à l'étude de la corrosion.* Note de M. **François Canac**, transmise par M. J. Perrin.

Une surface qui paraît plane à notre échelle est en réalité formée de trous et de bosses dont les dimensions et la régularité sont variables. Dans le cas des alliages ils sont constitués par l'assemblement de petites facettes de quelques microns carrés de superficie, plus ou moins régulièrement distribués et susceptibles de réfléchir la lumière. Éclairons ainsi une surface de quelques centimètres carrés. La lumière se réfléchira sur tous les éléments précédents et la répartition dans l'espace des faisceaux réfléchis dépendra du nombre et de la surface moyenne des éléments qui ont donné naissance à chacun d'eux. Nous nous sommes proposé de trouver ces relations et de déterminer ainsi par de simples mesures photométriques la *topographie* moyenne d'une surface.

Si celle-ci est corrodée par un liquide, les mesures de diffusion lumineuse permettront de suivre les progrès de la corrosion, de discerner la forme des parties résistantes du solide et d'avoir ainsi une idée générale de sa structure.

Si la surface est parfaitement polie, toutes les facettes précédentes sont parallèles et il n'y a point de lumière diffuse. Si le corps est homogène et isotrope, les trous où les bosses seront en moyenne sphériques. Nous sommes ainsi conduits à étudier une surface formée d'hémisphères creux ou pleins juxtaposés. Or, si l'on considère une sphère réfléchissante, il est facile de montrer par le calcul (¹) et de vérifier par l'expérience que la quantité de lumière qu'elle renvoie dans l'œil d'un observateur est indépendante de l'angle d'incidence et de réflexion.

Il en résulte que la surface précédente n'obéit pas à la loi de Lambert. Son éclat est indépendant de l'angle d'incidence et il est inversement proportionnel au cosinus de l'angle de diffusion.

Nous avons réalisé de pareilles surfaces en juxtaposant sur un plan des billes d'acier et nous avons vérifié ces propositions. Nous avons établi les modifications à leur apporter dans le cas où les trous s'écartent de leur valeur

(¹) L'étude complète de la forme du faisceau incident utile, dont tous les rayons, après réflexion, convergent dans l'œil, et la mesure de la constance de l'aire de leur section a été faite par M. F. Ozil.

moyenne. En particulier, s'ils ne sont pas en moyenne sphériques et si l'on observe normalement à la surface, pour les faibles incidences, ils réfléchiront plus ou moins de lumière que les sphères, suivant la prédominance ou la déficience des facettes horizontales par rapport aux facettes inclinées.

Un cas souvent observé, en particulier pour les surfaces corrodées, est celui où elles sont constituées par de vastes cuvettes hémisphériques s'agrandissant au moyen de petits trous hémisphériques du type précédent disposés sur leur surface. On montre facilement que la surface utile susceptible de renvoyer la lumière dans la direction ε est :

$$S = AR^2\left(\pi - \frac{5}{2}i - \frac{3}{2}\varepsilon\right).$$

Si l'on observe suivant la normale

$$S = R^2(B - Ki).$$

Lorsque les cuvettes s'agrandissent la diffusion va en croissant [1] pour atteindre un palier. On observe alors :

1° qu'il est atteint au même moment quel que soit l'angle d'éclairement;

2° que la valeur de la lumière diffusée, d'après la relation précédente, décroît linéairement quand l'incidence croît.

On arrive ainsi à caractériser le mode de corrosion et l'aspect final de la surface.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Études quantitatives des réactions des atomes.* Note de MM. **Wilfried Heller** et **Michael Polanyi**, transmise par M. A. Cotton.

Les réactions du type

$$RHal_{gaz} + M_{gaz} \rightarrow R_{gaz} + MHal_{gaz}$$

(R = radical, Hal = atome d'halogène, M = atome de métal) présentent un intérêt particulier. Étant de toute façon très simples, leur étude systématique et quantitative pourrait être décisive pour la réalisation, dans l'avenir, d'une théorie générale de la réaction chimique. H. v. Hartel et M. Polanyi [2] ont proposé une méthode pour étudier ces réactions.

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 51.

(2) *Zeitschr. physikal. Chem.*, (B), **11**, 1930, p. 97.

Principe. — Les atomes de M sont entraînés par un gaz inerte. Ce gaz pénètre par un tube D dans un vaste cylindre contenant RHal. A la sortie de D, la réaction a lieu. On excite par irradiation de la fréquence de résonance la fluorescence de M. De cette façon, l'étendue de la région de réaction autour de l'extrémité de D devient visible et mesurable. Pour des vitesses v assez petites du gaz porteur, la flamme devient sphérique. Travaillant toujours avec ces flammes sphériques on admettait que la diffusion prédominait sur le transport causé par l'écoulement. On calculait alors, à partir de l'équation différentielle générale de diffusion, la vitesse V de la réaction considérée en partant du diamètre de la flamme et des valeurs des autres données.

Or les résultats trouvés variaient beaucoup avec les conditions expérimentales ([1]). La méthode n'était donc pas encore appropriée aux mesures quantitatives.

Dans de nouveaux travaux ([2]) on a étudié d'abord la répartition de RHal, dans toutes les parties de la flamme. On a constaté que la répartition est asymétrique, sauf quand le rapport v/δ (où δ désigne la constante de diffusion, voir plus loin) est petit. Or, lorsqu'il est petit, une diffusion de RHal vers l'intérieur de D a aussi lieu. La réaction commence déjà dans l'intérieur de D, ce qui diminue, dans une mesure difficile à déterminer, la pression partielle de M à la sortie de D. Notons que cette pression représente une donnée importante pour le calcul de V. Nous avons donc choisi des grandeurs de v/δ telles que d'une part la diffusion de RHal en retour ne soit pas trop grande et que d'autre part les écarts avec la répartition symétrique de RHal en avant de D restent encore assez petits. Une autre difficulté provenait de ce qu'on ne connaissait pas la valeur de δ pour les différents mélanges des trois corps en présence, dont deux réagissent entre eux. Pour écarter cette difficulté, nous n'avons réalisé les réactions que pour des pressions partielles de RHal inférieures à quelques centièmes au maximum de la pression totale. Cela permet de ne considérer que le δ connu de la diffusion du gaz porteur dans M. L'application générale de ces pressions réduites de RHal devient possible si l'on remplace au besoin N^2 ou H^2 comme gaz porteur par C^5H^{12}, qui diffuse beaucoup plus lentement ([3]). La méthode ayant reçu ces perfectionnements (et d'autres encore), on a fait des mesures systé-

---

([1]) H. v. Hartel, N. Meer et M. Polanyi, *Zeitschr. physikal. Chem.*, (B), 19, 1932, p. 139.

([2]) Une partie considérable des travaux résumés dans cette Note et qui seront publiés prochainement ailleurs a été effectuée en collaboration d'une part avec M. S. Kodama et d'autre part avec Mme H. Schatunowskaja.

([3]) De la sorte on obtenait encore des flammes assez petites pour les composés qui réagissent très lentement.

matiques en faisant varier beaucoup la pression totale, δ et v (δ/v restant constant), et la nature du gaz porteur. On a trouvé que les valeurs de V calculées à partir de ces mesures et notamment à partir de grands diamètres de la flamme ($3^{cm},5$ et plus) ne variaient plus que peu.

En reprenant alors les études de v. Hartel, Meer et Polanyi qui avaient comparé les valeurs de V pour les composés aliphatiques halogénés (M = Na), on a confirmé le *sens* des principales variations qu'ils avaient signalées et on les a précisées par des *valeurs numériques*. Voici les principaux résultats : V augmente avec la longueur de la chaîne, mais de moins en moins vite, lorsque la chaîne s'allonge. Cette augmentation de V est, en valeur relative, presque la même pour RCl et RBr. V augmente beaucoup si l'on augmente le nombre des atomes Hal substitués, mais cette augmentation se fait de moins en moins vite, quand ce nombre augmente. Les valeurs de l'énergie d'activation pour les réactions de CH_3Cl et (à fortiori) de CH^3Br sont inférieures à $5K^{cal}$.

Enfin nous avons étudié la variation de la réactivité des composés halogénés *inorganiques*. Sur ceux qui ont été examinés on a trouvé ce qui suit : il y a une remarquable inertie de réaction (J) dans le 3ᵉ groupe vertical du système périodique et une J restreinte dans le 4ᵉ groupe, qui présente un maximum très marqué pour $SiHal^4$. Dans les 5ᵉ et 6ᵉ groupes principaux, J n'existe pas. V augmente fortement si l'on passe des composés chlorés aux composés bromés et il augmente avec le nombre des atomes de Hal. V augmente si l'on introduit de l'oxygène, malgré la diminution simultanée du nombre des atomes de Hal ($CCl^4 \rightarrow COCl^2$). Notons enfin la découverte de nombreuses luminescences chimiques des composés inorganiques dans les 5ᵉ et 6ᵉ groupes. Leur intensité dépend souvent de V.

On a déjà essayé de relier les variations des réactivités à celles d'une constante physique fondamentale (voir Hartel, Meer et Polanyi), mais sans obtenir des résultats très étendus. Nous signalons une nouvelle relation qui nous semble être d'une importance particulière au point de vue théorique du mécanisme des réactions. Il y a un *parallélisme* entre la diminution de la force élastique agissante entre l'atome central et l'atome Hal (C-Cl, Si-Cl, etc.), telle qu'elle se calcule à l'aide des spectres Raman, et la diminution de leur J. Ce parallélisme existe notamment dans la série

$$CH^3Cl \rightarrow CH^2Cl^2 \rightarrow CHCl^3 \rightarrow CCl^4.$$

Ce parallélisme se trouve en outre très marqué dans la série

$$CHal^4 \rightarrow SiHal^4 \rightarrow GeHal^4 \rightarrow SnHal^4,$$

où les deux propriétés atteignent un maximum pour $GeHal^4$. Le fait que la réactivité augmente, si la force élastique diminue, est très compréhensible si l'on admet que la force qui s'oppose à l'écartement de l'atome Hal de l'atome central, tend aussi à contrarier la réaction.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre Raman de l'acide tartrique et des tartrates en solution dans l'eau.* Note (¹) de **Ivan Peychès**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait que les variations du pouvoir rotatoire en fonction de la concentration, observées dans les solutions électrolytiques, peuvent être attribuées, au moins en partie, à l'action déformante sur l'ion actif considéré de l'ensemble des autres ions. Les déformations des orbites électroniques doivent être la conséquence de déformations portant sur l'architecture même de l'ion, ces dernières pouvant être mises en évidence par l'effet Raman.

Nous avons formé les spectres Raman des différents tartrates alcalins en solution aqueuse à 2 molécules par litre, alors qu'ils peuvent être considérés comme complètement dissociés. Nous avons étudié les variations de certaines fréquences, variations dues à la nature du cation associé. Nous avons été amené à étudier l'acide, peu ionisé dans les mêmes conditions, et le tartrate d'éthyle pur, donc non ionisé.

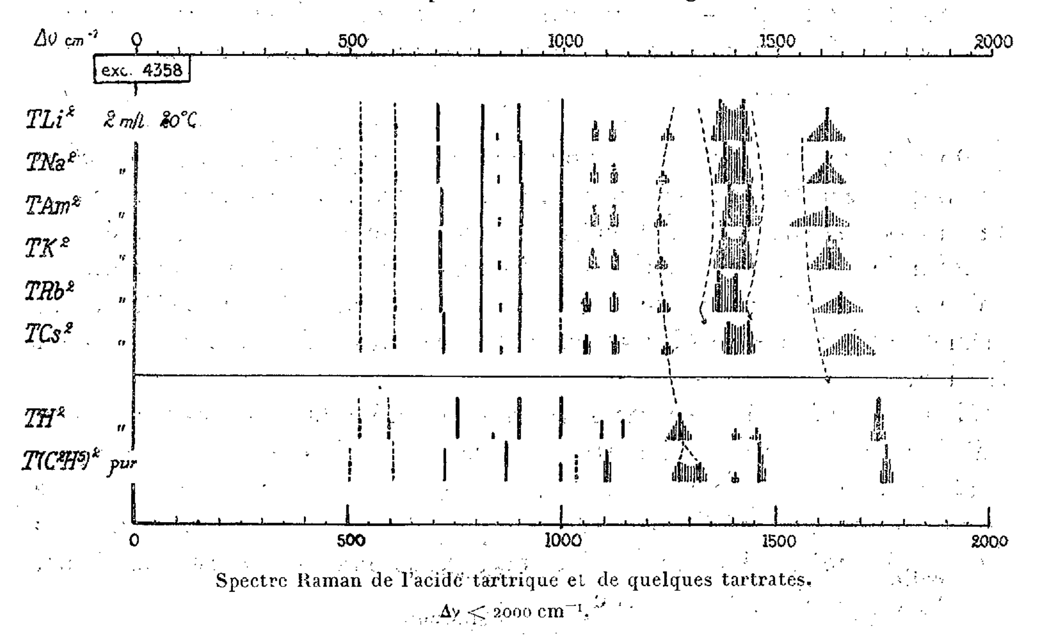
Les corps étudiés ont été très soigneusement purifiés; les solutions étaient filtrées sur collodion sur support de verre fritté. Plusieurs séries de clichés ont été obtenues sur deux appareils différents mis à notre disposition par M. Daure. L'un d'eux, ouvert à F/5, avait dans la région étudiée une dispersion moyenne de 20 Å/mm. L'autre, moins lumineux, avait par contre une dispersion de 8A/mm, permettant ainsi de résoudre avec certitude les problèmes de faibles déplacements. Ce dernier appareil était placé dans une enceinte calorifugée maintenue à température rigoureusement constante par une circulation thermostatique.

La raie Hg 4046 excite une fluorescence inacceptable; nous avons utilisé la raie Hg 4358. En conséquence nous ne donnerons pas les nombres relatifs aux fréquences supérieures à 2000 cm^{-1} qui correspondent à des zones de faible dispersion des appareils, donc de mauvaise précision. L'ultraviolet excitant la fluorescence était absorbé par un verre GG3 de Schott. Le fond continu de l'arc était absorbé par un verre indigo. Cette combinaison a une courbe de transmission en cloche avec maximum voisin de 4358 et un facteur de transmission égal à 0,2.

(¹) Séance du 12 novembre 1934.

Le fond continu de fluorescence qui subsiste encore semble avoir été notablement diminué par l'emploi d'un tube Raman permettant la circulation de la solution par thermosiphon. Ce fait permet de penser que la fluorescence pourrait être due à une photo-décomposition localisée au voisinage de la paroi de verre illuminée.

L'étude des clichés a été faite au microphotomètre Chalonge-Lambert. L'ensemble des résultats est représenté dans le diagramme ci-dessous.



Spectre Raman de l'acide tartrique et de quelques tartrates.
$\Delta\nu \leq 2000$ cm^{-1}.

Le détail de ces résultats et leur discussion paraîtront ailleurs, nous tenons seulement à signaler ici les points suivants :

1° la fréquence $\Delta\nu \sim 1750$ du radical carbonyle $C=O$, ou est très fortement modifiée par l'ionisation de la molécule, ou disparaît complètement et est remplacée par une nouvelle vibration, car il apparaît une vibration très forte vers 1620. Il n'apparaît pas de telles variations dans les nombres donnés par Kohlrausch et Dadieu [1] sur les acétates de sodium et de zinc en solution; la fréquence $C=O$ semble seulement disparaître. Nous ne pensons cependant pas qu'il s'agisse ici d'un $C=C$ énolique qui devrait amener une auto-racémisation de la molécule. Nous pouvons supposer la formation d'un hydrate du type glycol dans l'ion acétique avec ouverture de la double liaison, hydrate qui ne pourrait se former dans l'ion tartrique à cause du voisinage de la fonction alcool secondaire;

(1) *Wien. Ber.*, 138, 1929, p. 635 et 799.

2° les fréquences voisines de 1400 vibrent beaucoup plus intensément dans les tartrates ionisés que dans les molécules non dissociées. Leur déplacement passe par un maximum pour TAm^2; or, dans les diagrammes pouvoir rotatoire-concentration, la courbe TAm^2 sépare précisément les courbes ascendantes TCs^2, TRb^2 TK^2 des courbes descendantes TNa^2, TLi^2 (1). De nouvelles expériences sont en cours en vue de préciser ces différents points.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure de la force des acides.* Note de MM. **Eugène Darmois** et **Yëu Ki Heng**, présentée par M. Ch. Fabry.

On est à peu près d'accord sur la définition et la mesure de la force des acides faibles; elle est proportionnelle à leur degré de dissociation en ions; la force de l'acide est en relation simple avec la constante de dissociation selon Ostwald. Les difficultés commencent dès que la force, mesurée par la concentration en ions H (ou mieux H^3O), dépasse une certaine valeur; les acides forts donnent pratiquement le même pH à la même concentration pourvu que celle-ci ne dépasse pas une certaine limite. On a fait appel pour les distinguer à des mesures cinétiques : (1) mutarotation du glucose, (2) inversion du sucre, (3) décomposition de l'ester diazo-acétique; les vitesses de ces diverses réactions sont supposées proportionnelles à $[H^+]$, d'où une comparaison facile des divers acides. Hantzsch et ses collaborateurs (2) ont par exemple effectué des comparaisons par les méthodes (2) et (3); ils trouvent par la méthode (2), pour les acides perchlorique, benzène-sulfonique et chlorhydrique les vitesses 28,3; 21,6 et 17,9 en solution demi-normale, soit l'ordre de force $ClO^4H > C^6H^5.SO^3H > HCl$. La méthode (3) range de même les acides sulfonés après ClO^4H. La position prééminente de ce dernier est en accord avec les idées intéressantes, quoique un peu spéciales de Hantzsch sur les sels d'hydroxonium.

Une nouvelle méthode d'étude de la force des acides a été proposée tout récemment par Blaser (3); elle repose sur la catalyse par les acides de l'hydrolyse de l'acide hypophosphorique en les acides phosphoreux et phosphorique; elle donne l'ordre $C^6H^5.SO^3H > ClO^4H$ (constantes monomoléculaires, environ 6.10^{-3} et $3,5.10^{-3}$ pour une solution $5n$).

(1) *J. de Phys.*, 7e série, 4, 1933, p. 594; *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1600.
(2) *Zeit. physik. Chem.*, **125**, 1927, p. 251; *Zeit. anorg. Chem.*, **204**, 1932, p. 193.
(3) *Zeit. physik. Chem.*, **167**, A, 1933, p. 441.

L'un de nous a proposé voici plusieurs années [1] un procédé de comparaison fondé sur une mesure statique. Les complexes de Biot-Gernez, formés par l'union d'un oxyde amphotère et d'un acide-alcool α actif, ont souvent un maximum de stabilité pour un pH bien défini; si le pH est modifié par une addition d'acide, le pouvoir rotatoire est abaissé, et la diminution est d'autant plus forte que l'acide est plus fort. On a pu ainsi classer nettement un certain nombre d'acides en employant comme complexe actif le tétramolybdomalate d'ammonium $[4MoO^3, 2C^4H^4O^5](NH^4)^4$; la classification est d'accord avec la constante de dissociation pour les acides organiques, même aussi forts que l'acide trichloracétique. Nous avons appliqué cette méthode à la comparaison des acides perchlorique, benzène-sulfonique et chlorhydrique, en employant à la fois le complexe ci-dessus et l'émétique d'ammonium. Les solutions contiennent, dans 100^{cm^3}, 2^g de complexe et $x/1000^e$ de molécule d'acide; mesures sous 1^m à 20° pour la raie verte du mercure (degrés).

I. — *Molybdomalate.*

HCl :

x.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	10.	16.	20.
α_v..	48,44	44,76	41,42	38,51	35,73	32,80	30,58	25,96	21,62	14,18	9,16

ClO^4H :

x.....	1,03.	2,06.	3,09.	4,12.	5,15.	6,18.	8,21.	10,3.	15,45.	20,90.
α_v.....	44,51	40,99	38,03	35,05	32,39	29,85	25,01	20,80	13,40	8,70

$C^6H^5SO^3H$:

x...............	1,255.	2,51.	5,02.	8,785.	12,55.	16,315.	20,00.
α_v.............	44,06	40,55	34,88	27,17	21,82	16,93	12,85

II. — *Émétique.*

HCl :

x...............	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
α_v...............	34,23	33,37	32,58	31,78	31,13	31,63	30,03

ClO^4H :

x..............	1,03.	2,06.	3,09.	4,12.	5,15.	6,18.
α_v..............	33,40	32,31	31,68	30,88	30,27	29,70

$C^6H^5SO^3H$:

x...............	1,225.	2,45.	3,675.	4,90.	6,125.	7,35.
α_v...............	33,2	32,37	31,68	31,12	30,70	30,02

Les courbes $\alpha_v - x$ pour ClO^4H et HCl se confondent complètement; la

[1] *Bull. Soc. chim. Fr.*, 39, 1926, p. 621.

force de ces acides est la même jusqu'à la concentration $0,2n$. La courbe pour l'acide benzènesulfonique est tout entière au-dessus de l'autre; il est moins fort que les deux premiers.

Les résultats précédents semblent conciliables si l'on remarque que les méthodes cinétiques ne donnent pas nécessairement $[H^+]$. On sait d'abord que la concordance des diverses méthodes n'a lieu qu'en solution relativement étendue et en l'absence de sels neutres. D'autre part il a été bien établi par Brönsted et ses élèves (1) que la mutarotation du glucose est sensible, non seulement aux ions H^+, mais aux anions des acides faibles agissant comme « bases généralisées ». Une littérature abondante sur l'inversion du sucre et plus généralement les réactions d'hydrolyse montre que la catalyse a lieu, en outre de H^+, par les molécules de l'acide faible. Jusqu'ici la méthode au diazoacétate est considérée comme pouvant donner la concentration en ions H^+; elle est d'accord avec la nôtre pour indiquer que, en solution relativement étendue, l'acide benzènesulfonique est plus faible que l'acide perchlorique.

CHIMIE PHYSIQUE ORGANIQUE. — *Propriétés magnétiques d'un radical libre : le xanthyl-α-naphtylméthyle.* Note de Mme **Simonne Allard**, présentée par M. G. Urbain.

Des solutions benzéniques de xanthyl-α-naphtylméthyle furent préparées par la méthode de Gomberg (2), en réduisant le chlorure correspondant par l'argent, dans une atmosphère d'anhydride carbonique parfaitement exempt d'oxygène et de vapeur d'eau. Les concentrations de ces solutions furent évaluées en en peroxydant une partie aliquote par barbotage d'oxygène sec, à froid, et par pesée du peroxyde ainsi précipité, après filtration et lavages au benzène.

La susceptibilité magnétique est mesurée par la méthode de dénivellation produite par la pression que détermine un champ magnétique à la surface d'un liquide placée dans ce champ.

Des mesures faites sur des solutions provenant de deux préparations différentes donnèrent les résultats suivants : susceptibilité magnétique

---

(1) Voir par exemple Brönsted et Guggenheim, *Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 2554; Brönsted et Wynne-Jones, *Trans. Faraday Soc.*, 25, 1929, p. 59.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1917, p. 1664.

spécifique d'une solution benzénique contenant 2,7 pour 100 de dixanthyl-di-α-naphtyléthane, plus ou moins dissocié : $-6,7.10^{-7}$.

Susceptibilité magnétique spécifique d'une solution benzénique contenant 1 pour 100 de dixanthyl-di-α-naphtyléthane, plus ou moins dissocié : $-7,1.10^{-7}$.

Les susceptibilités du benzène et de l'eau, pris comme corps de référence, sont respectivement : $-7,5.10^{-7}$ et $-7,2.10^{-7}$.

A partir de ces valeurs, j'ai cherché à déduire le *degré de dissociation de l'hexa-aryléthane* étudié.

Il est nécessaire, pour cela, de connaître les susceptibilités du dimère, d'une part, du monomère, d'autre part. La susceptibilité moléculaire de l'hexaaryléthane peut être calculée en retranchant de la susceptibilité moléculaire mesurée pour le carbinol correspondant le module déterminé par P. Pascal [1] pour le groupement fonctionnel (OH). Quant à la susceptibilité moléculaire du triarylméthyle, on admet qu'elle est la moitié de celle du dimère, augmentée de celle d'un magnéton de Bohr qui, à 300° K. (température de l'expérience) est de $+12.420.10^{-7}$.

J'ai mesuré la susceptibilité magnétique du xanthyl-α-naphtylcarbinol solide, à la balance de Curie et Chéneveau. Sa susceptibilité moléculaire fut trouvée égale à -1770.10^{-7}. Par suite, celle du dixanthyl-di-α-naphtyléthane est -2400.10^{-7}, le module relatif au groupement hydroxyle étant de $-75,2.10^{-7}$. J'ai trouvé une valeur voisine, -2340.10^{-7}, en opérant de façon analogue sur le chlorhydrate de chlorure correspondant, dont la susceptibilité moléculaire fut trouvée égale à -2120.10^{-7}.

La susceptibilité moléculaire du xanthyl-α-naphtylméthyle est donc : $+10720.10^{-7}$.

Les degrés de dissociation calculés à partir de ces données sont : 0,78 pour la solution à 2,7 pour 100 et 0,94 pour la solution à 1 pour 100.

Ces résultats sont compatibles avec ceux trouvés par Gomberg à partir de mesures cryoscopiques dans le naphtalène (80° C.) qui indiquent une dissociation totale du dixanthyl-di-α-naphtyléthane.

---

(1) *Ann. Ch. et Ph.*, 8e série, 25, 1912, p. 289,

EFFET RAMAN ET CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectre Raman de quelques dérivés du cyclopentène. Synthèse du Δ. 1-Benzyl-cyclopentène.* Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Delépine.

J'ai étudié les spectres Raman ([1a], [1b]) d'un certain nombre de dérivés du cyclopentène, dans lesquels la chaîne latérale était fixée sur l'un des carbones doublement liés. Ces composés étaient obtenus, soit à partir de l'aldéhyde cyclopenténylformique préparé par Urion ([2]), soit à partir de la cyclopentanone.

L'identité de structure des deux séries de dérivés a été démontrée, en particulier, par la transformation du cyanocyclopentène en acide Δ. 1-cyclopenténylformique ([1a]), identique au produit d'oxydation de l'aldéhyde d'Urion.

J'ai effectué, cette fois-ci, un nouveau recoupement par la méthode suivante : l'aldéhyde cyclopenténylformique, réduit par le couple zinc-cuivre, suivant la méthode décrite par Urion ([3]), fournit le Δ. 1-cyclopenténylméthanol, que j'ai transformé en Δ. 1-cyclopenténylbromométhane par action de Br^3P; ce bromure réagit très facilement sur le bromure de phénylmagnésium et donne, avec un bon rendement, le Δ. 1-benzylcyclopentène.

Le même carbure a été obtenu à partir de la cyclopentanone, par condensation avec le chlorure de benzylmagnésium, et déshydratation de l'alcool tertiaire ainsi préparé.

Les échantillons de carbure préparé par les deux méthodes ont été reconnus identiques par l'examen de leurs constantes physiques et de leurs spectres Raman.

J'ai préparé, d'autre part, l'ester acétique du cyclopenténylméthanol et j'en ai fait le spectre.

Partie expérimentale. — 64^g d'aldéhyde cyclopenténylformique m'ont donné par réduction 28^g d'alcool (40 pour 100 de la théorie).

J'ai chauffé 10^g d'alcool à l'ébullition pendant 6 heures avec 16^g d'anhydride acétique; après traitement par l'eau, lavage avec CO^3NaH étendu et séchage, j'ai eu fina-

([1]) *Comptes rendus : a*, **198**, 1934, p. 1496; *b*, **199**, 1934, p. 66.
([2]) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1512.
([3]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1518.

lement 8g, soit 56 pour 100 de la théorie, d'*acétate de* Δ.1-*cyclopenténylméthyle* liquide à odeur de bonbons anglais, $Eb_{15} = 73\text{-}75°$, D_4^{20} : 0,985, n_D^{20} : 1,4530, Rm calc. : 38,65 (théorie : 38,03).

Le reste de l'alcool, soit 18g, additionné de 5g de pyridine, a été versé goutte à goutte dans 30g de Br^3P; après lavages comme ci-dessus, etc., j'ai eu 11g (30 pour 100 de la théorie) de Δ.1-*cyclopenténylbromométhane*, liquide fortement lacrymogène, brunissant rapidement, surtout à la lumière de l'arc à mercure, qui lui donne une forte fluorescence rouge; $Eb_{15} = 56\text{-}59°$, D_4^{20} : 1,378, n_D^{20} : 1,5170; Rm calc. : 35,34 (théorie : 35,01). Ce bromure a été versé dans un excès de magnésien du bromure de phényle (deux fois la quantité calculée); après les traitements usuels, j'ai eu 5g de Δ.1-*benzylcyclopentène*, $Eb_{18} = 113\text{-}117°$, D_4^{22} : 0,958, n_D^{20} : 1,5415; Rm calc. : 51,86 (théorie : 51,35).

J'ai préparé d'autre part une demi-molécule de magnésien du chlorure de benzyle, que j'ai traité par 40g de cyclopentanone; j'ai obtenu ainsi le *benzyl-1 cyclopentanol-1*, solide $F = 54\text{-}55°$, $Eb_{17} = 140\text{-}144°$, avec un rendement de 60 pour 100 de la théorie; 25g de cet alcool, chauffés à l'ébullition avec 100g d'eau et 16g d'acide oxalique cristallisé, m'ont donné, par entraînement à la vapeur et rectification, à côté d'alcool récupéré, 12g de carbure. J'ai trouvé pour celui-ci les constantes suivantes, très voisines de celles que j'ai indiquées plus haut : $Eb_{15} = 109\text{-}111°$, $D_4^{23} = 0,952$, $n_D^{23} = 1,5355$, R. M. calc. = 51,76 (théorie : 51,35).

Spectres obtenus. — *Acétate de* Δ-1-*cyclopenténylméthyle*. — 243 bf, 320 b af, 418 bf, 636 bf, 688 bf, 826 af, 889 m, 907 m, 956 b af, 1025 b aF, 1296 af, 1320 f, 1360 af, 1382 af, 1443 F, 1466 m, 1658 F, 1743 bm, 2851 TF, 2940 TF, 3058 aF.

Δ-1-*Cyclopenténylbromométhane*. — 442 m, 600 m, 1148 af, 1205 bm, 1440 aF, 1533 af, 1640 F (incomplet par suite du brunissement rapide de la substance).

Δ-1-*Benzylcyclopentène* (raies communes aux deux échantillons). — 210 aF, 231 m, 290 af, 305 af, 438 f, 467 f, 575 af, 622 m, 760 af, 786 af, 821 af, 831 af, 887 af, 902 af, 968 m, 1003 TF, 1030 aF, 1155 m, 1181 m, 1205 m, 1441 F, 1466 m, 1584 m, 1603 TF, 1652 TF, 2846 bF, 2904 bF, 2960 bF, 3037 aF, 3060 aF.

Quelques autres raies, en général faibles, paraissent dues à des impuretés de l'un ou l'autre échantillon; le premier montre ainsi une raie assez forte à 1285, que j'attribue à une faible proportion de diphényle, toujours présent dans les produits préparés à partir de C^6H^5Br, et qui présente une raie très forte à 1283 (Kohlrausch, *Smekal-Raman Effekt*).

EFFET RAMAN ET CHIMIE ORGANIQUE. — *Le cyclopentyl-3-propyne-1 et quelques-uns de ses dérivés.* Note de M[lle] **Blanche Gredy**, présentée par M. Delépine.

Poursuivant mes recherches sur les variations des fréquences Raman de la liaison acétylénique, j'ai été amenée à préparer 6 corps nouveaux : le cyclopentyl-3-propyne-1 et 5 de ses dérivés : le cyclopentyl-4-butyne-2, le cyclopentyl-4-butyne-2-ol-1, le cyclopentyl-5-pentyne-3-ol-2, le méthoxy-1-cyclopentyl-4-butyne-2 et le méthoxy-2-cyclopentyl-5-pentyne-3.

Pour cela, j'ai fait réagir le magnésien du bromure de cyclopentyle sur le dibromo-2.3-propène-1, ce qui m'a donné le bromure $C^5H^9.CH^2.CBr=CH^2$ avec un rendement de 82 pour 100. Puis, le bromure a été traité par l'amidure de sodium à 150° dans la décaline; je suis arrivée ainsi au cyclopentylpropyne vrai avec un rendement de 65 pour 100 par rapport au bromure.

C'est un liquide incolore, d'une odeur acétylénique très nette, qui précipite en blanc le nitrate d'argent alcoolique, en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal et donne avec l'amidure de sodium un dérivé sodé blanchâtre.

Les deux alcools ont été obtenus, par action du trioxyméthylène d'une part, de l'aldéhyde éthylique d'autre part, sur le magnésien du cyclopentylpropyne.

Enfin j'ai méthylé le carbure vrai et les deux alcools par l'amidure de sodium et le sulfate diméthylique dans l'éther anhydre, et obtenu ainsi le carbure $C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CH^3$ et les deux éthers-oxydes

$$C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CH^2OCH^3 \quad \text{et} \quad C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CH(OCH^3).CH^3,$$

avec des rendements qui varient entre 70 et 85 pour 100.

Voici les constantes des divers composés étudiés; j'y ai joint celles du mono-bromure éthylénique, non encore décrit :

	R_M calc.	R_M théor.
$C^5H^9.CH^2.CBr=CH^2$: $Eb_{13}=75°$, $d_4^{23}=1,242$, $n_D^{23}=1,4930$	44,60	44,24
$C^5H^9.CH^2.C\equiv CH$: $Eb_{760}=132°,5-133°,5$, $d_4^{24}=0,828$, $n_D^{24}=1,4494$	34,99	34,94
$C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CH^3$: $Eb_{766}=164°-165°$, $d_4^{26}=0,842$, $n_D^{26}=1,4621$	39,84	39,56
$C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CH^2OH$: $Eb_{14}=117°$, $d_4^{23}=0,967$, $n_D^{23}=1,4885$	41,13	41,08
$C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CHOH.CH^3$: $Eb_{13}=114°-115°$, $d_4^{25}=0,936$, $n_D^{25}=1,4773$	46,00	45,70
$C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CH^2OCH^3$: $Eb_{15}=96°-97°$, $d_4^{23}=0,913$, $n_D^{23}=1,4670$	46,16	45,82
$C^5H^9.CH^2.C\equiv C.CH(OCH^3).CH^3$: $Eb_{17}=99°,5$, $d_4^{23}=0,890$, $n_D^{23}=1,4600$	50,75	50,44

Spectres Raman des composés acétyléniques :

$C^5H^9CH^2C \equiv CH$. — 235 (tf), 294 (af), 340 (aF), 365 (f), 406 (f), 494 (tf), 633 ± 8 (b.m.), 836 (l.f.), 890 (m.l.), 970 (tf.fl.), 1019 (af), 1070 (f.fl.), 1093 (af.fl.), 1224 (b.af), 1309 (af), 1354 (m), 1429 (m), 1452 (aF), **2119** (TF), 2834 (f), 2868 (F), 2911 (F), 2955 ± 6 (b.F).

$C^5H^9CH^2 \equiv CCH^3$, 308 (m), **375** (F), 388 (af), 445 (f), 481 (tf), 721 (af), 1147 (f), 1224 (f), 1309 (af), 1351 (m), **1379** (F), 1430 (m), 1451 (F), **2234** (F), **2302** (m), 2836 (f), 2867 (aF), 2921 (F), 2960 (aF).

$C^5H^9CH^2C \equiv CCH^2OH$. — 162 (ttf), 301 (b.f), 353 ± 8 (b.m.), 380 (f), 396 (f), 542 (tf.fl.), 608 (b.f), 891 ± 7 (b.m), 1018 ± 9 (b.m), 1095 (l.m), 1143 (ef.fl.), 1224 (f.fl), 1272 (tf), 1312 (aF), 1355 (af), 1430 (m), 1451 (F), **2227** (TF), **2289** (aF), 2868 (TF), 2910 (TF), 2951 ± 11 (TF).

$C^5H^9CH^2C \equiv CHOHCH^3$ (spectre probablement incomplet à cause d'un fond continu intense). — 166 (f.fl.), 318 ± 7 (b.m.), 528 (m), 889 (aF.l.), 1080 ± 7 (b.m), 1314 (m), 1350 (m), 1429 (m), 1450 (F), **2249** (F), **2303** (ttf.fl.), 2868 (F.tfl.), 2928 (F.tfl.), 2983 (F.tfl.).

$C^5H^9.CH^2C \equiv C.CH^2OCH^3$. — 209 (tf), 303 (ttf), 332 (ttf), 369 ± 16 (b. m.), 894 ± 8 (b. a.), 909 (f), 952 (f), 1000 (tf. fl.), 1019 (f. fl.), 1055 (tf. fl.), 1101 (aF), 1158 (ttf), 1191 (tf), 1228 (tf), 1278 (b. f), 1313 (f), 1356 (aF), 1430 (af), 1450 (F), **2216** (m), **2235** (m), **2282** (F), 2820 (af), 2868 (F), 2905 (F), 2950 ± 10 (b. F).

$C^5H^9.CH^2.C \equiv C.CH(OCH^3)CH^3$. — 139 (f. fl.), 336 ± 12 (b. m.), 433 (m), 471 (ttf), 547 ± 10 (b. af), 738 ± 13 (b. f), 800 (tf. tfl.), 854 (aF), 893 (l. m), 1017 (tf. fl.), 1042 (tf. fl.), 1087 (l. af), 1119 (m), 1154 (f. l.), 1206 (f. fl.), 1328 ± 13 (b. m), 1429 (m), 1450 (F), **2239** (F), **2304** (tf), 2820 (aF), 2867 (m), 2905 (m), 2938 (aF), 2989 (aF).

Conclusions. — Comme je l'ai déjà indiqué précédemment [1], un noyau cyclanique, séparé de la triple liaison par un groupement — CH^2 — est sans aucune influence sur les fréquences acétyléniques; et, les corps étudiés ici possèdent bien les raies de la région 2100-2300 cm^{-1} indiquées pour les composés aliphatiques de même fonction [2], savoir : 2118 (F), pour le carbure vrai; 375(F), 1379(F), 2234(F) et 2302(m) pour le méthyl substitué; 2227 (F), 2289 (m) pour l'alcool primaire; 2249 (F), 2303 (ttf) pour l'alcool secondaire; 2216 (m), 2235 (m), 2282 (F), pour l'éther-oxyde primaire; enfin 2239 (F) et 2304 (tf), pour l'éther-oxyde secondaire.

Le spectre du monobromure éthylénique, qui a été déterminé et sera prochainement publié par M. Piaux, a également confirmé sa constitution.

L'influence du noyau en C^5 se fait sentir, dans tous ces dérivés, par une

---

(1) Gredy, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 294.

(2) Gredy, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 327; **198**, 1934, p. 89 et 2254.

série de bandes très floues, alors que le cycle en C^6 donne des raies très nettes dans toutes les régions du spectre; d'autre part, dans tous les dérivés du cyclopentyl-3-propyne-1, la bande forte 1445 caractéristique des — CH^2 — est dédoublée en deux raies 1429 (af) et 1450 (F).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de synthèse d'acides tétrahydronaphtaléniques et de carbures naphtaléniques.* Note de MM. **Georges Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Delépine.

L'un de nous a montré que l'acide benzylallylacétique était susceptible de se cycliser sous l'action de l'acide sulfurique pour donner un acide méthyltétrahydronaphtalénique susceptible de se déshydrogéner puis de se décarboxyler pour donner de l'α-méthylnaphtalène

CH^2 — $CH—CO^2H$ — CH^2 — CH = CH^2 → CH^2 — $CH—CO^2H$ — CH^2 — CH — CH^3

→ CH — $C—CO^2H$ — CH — C — CH^3 → CH^3

Cette réaction a pu être généralisée à des homologues de l'acide benzylallylacétique et s'est par suite montrée particulièrement féconde ([1]). Dans ces conditions, il était naturel de rechercher si d'autres acides arylaliphatiques éthyléniques étaient également susceptibles de donner une cyclisation du même genre.

La présente Note est relative à la cyclisation de l'acide phénylcrotylacé-

([1]) G. Darzens, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 748; **190**, 1930, p. 1562; G. Darzens et A. Lévy, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1456; **194**, 1932, p. 2056.

tique qui amène aux transformations suivantes :

CO^2H — CH — CH^2 — CH = CH — CH^3 (I). → CO^2H — CH — CH^2 — CH^2 — CH — CH^3 (II).

→ CO^2H … CH^3 (III) → CH^3 (IV).

Pour préparer l'acide phénylcrotylacétique (formule I), nous avons d'abord préparé l'éther phénylcrotylmalonique par l'action du bromure de crotyl sur le dérivé sodé de l'éther phénylmalonique. Cet éther, saponifié par les alcalis, a donné l'acide malonique correspondant qui a donné sans difficulté l'acide cherché par décomposition et perte d'acide carbonique. Cette préparation a été réalisée de la manière suivante :

On pulvérise d'abord $5^{g},75$ de sodium en les fondant dans 200^{g} de toluène sec et en agitant énergiquement le tout, puis on écoule lentement dans ce mélange une solution de 59^{g} d'éther phénylmalonique ($0^{mol},25$) et de 25^{g} d'alcool absolu. Le sodium réagit de suite avec élévation de température et dissolution pour donner une solution limpide du dérivé sodé dans le toluène. On ajoute alors lentement 35^{g} de bromure de crotyle qui ne tarde pas à réagir avec dépôt de NaBr. On termine la réaction par une ébullition à l'ascendant pendant une heure.

La solution toluénique est lavée à l'eau, séchée puis concentrée, l'éther restant est enfin rectifié dans un vide de 2 à 3^{mm}.

L'éther phénylcrotylmalonique ainsi préparé est un liquide incolore, sans odeur, et distillant à 160-162° sous 2^{mm}.

Par saponification à l'aide de la potasse ou la soude, on obtient sans difficulté l'acide malonique correspondant qui se présente sous l'aspect d'un liquide visqueux se décomposant avec perte de CO^2 lorsqu'on le chauffe vers 180° pour donner l'acide phénylcrotylacétique, ce dernier cristallise facilement dans l'acide acétique, il fond à 55° et distille sans décomposition à 158° sous 3^{mm}.

L'isomérisation de cet acide en acide tétrrhydrométhylnaphtalinique (formule II) se fait par l'acide sulfurique à 85 pour 100 mais elle est extrêmement lente et nécessite plusieurs mois de contact à la température ordinaire.

D'autre part il n'est pas possible d'accélérer cette réaction en élevant la température, car on détermine alors des réactions de sulfonutions.

L'acide cyclise ainsi obtenu fond à 87° et cristallise également bien dans l'acide acétique.

Des essais entrepris pour la déshydrogénation de cet acide tétrahydronaphtalinique par le soufre ou le sélénium en vue d'obtenir l'acide naphtalinique de formule (III) ont complètement échoués et dans tous les cas on observe une décarbonylation simultanée amenant de suite à l'α-méthylnaphtaline de formule (IV). Cette méthylnaphtaline a été identifiée par ses caractères physiques et le point de fusion de son picrate qui est de 142°.

Nous poursuivons ce travail avec des homologues de l'acide phénylcrotylacétique de manière à montrer la généralité de cette réaction et à obtenir des homologues du naphtaline qu'il serait difficile de préparer par une autre voie.

MINÉRALOGIE. — *Sur la composition et l'âge de l'uraninite cristalline du Katanga.* Note (¹) de MM. **C. Stanfield Hitchen** et **René van Aubel**.

La pechblende de Kasolo est un minéral secondaire, le produit de remaniement d'une uraninite cristalline. L'un de nous (²), en 1927, décrivit pour la première fois des cubes d'uraninite, exempts de toute trace d'altération, provenant de ce gisement. Ces cristaux sont assez rares au Katanga. De nombreux travaux se rapportent à la composition de la *pechblende* (³); aucun ne concerne l'*uraninite* cristallisée. Il nous a paru intéressant de déterminer les constituants du minéral hypogène, son âge et l'importance des actions qui le transforment en pechblende.

L'uraninite se prête assez mal à l'analyse spectrographique, car le

(¹) Séance du 12 novembre 1934.

(²) René van Aubel, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 586.

(³) C. W. Davis, *Amer. Journ. Sc.*, 11, 1926, n° 63, p. 201-217; J. Verhaeghe, *Bull. Ac. Sc. Belgique*, 14, 1928, p. 18-30; A. Holmes, *Amer. Journ. Sc.*, 27, 1934, p. 343-353.

spectre de l'uranium est quasicontinu dans les régions visible et ultraviolette. Les raies des autres constituants du minéral sont donc masquées. Aussi, en vue d'éliminer l'uranium, a-t-il fallu procéder à une séparation chimique, par voie humide, et soumettre ensuite, à l'étude spectrale, les fractions résultant de cette opération.

Deux grammes d'uraninite furent dissous dans HCl concentré, additionné d'une goutte d'acide azotique. La partie insoluble sera désignée dans la suite : *résidu I*. La solution filtrée fut traitée par H^2S, et l'opération répétée à l'aide de solutions acides de concentration plus faible. Après calcination, les sulfures obtenus forment la *résidu II*.

L'uranium est concentré dans la solution filtrée. Après ébullition, traitement par l'acide azotique (uranium transformé en uranyle), évaporation, précipitation par CO^3Na^2 et dépôt lent, le précipité est recueilli. C'est le *résidu III*.

L'étude spectrale séparée des trois résidus a été faite à l'aide d'un spectrographe à quartz du type Littrow, modèle E. I. de la firme Hilger. Elle conduit aux résultats suivants :

Résidu I. — Surtout composé de silice, il contient les éléments suivants, en proportions comprises entre 0,01 pour 100 et 0,001 pour 100 : Ca, Ba, Sr, Mg, Al, Fe, Ti, V, Pb, Sb, Mo, B.

Résidu II. — Le molybdène et le plomb, en proportions comprises entre 10 pour 100 et 0,1 pour 100 constituent les impuretés principales. Il s'y mêle les éléments suivants (concentration : 0,01 à 0,001 pour 100) : Ag, Cu, Bi, Sb, As, Sn, W. Traces de Ba, Ca, Sr, Mg, Si, Al, Fe, V.

Résidu III. — Les éléments Ca, Ba, Sr, Mn s'y trouvent en proportions comprises entre 5 et 0,01 pour 100. Mg, Al, Fe, Y, Zr, Cr, V, Co, Ni, ont une concentration comprise entre 0,01 et 0,001 pour 100. Traces d'indium. Le thorium, le cérium et le lanthane, de détection malaisée par un spectre d'émission, existent en quantités insignifiantes dans ce résidu.

Les associations précisées par l'analyse spectrale, la proportion minime de thorium et de terres rares, dans le minéral hypogène, distinguent l'uraninite de Kasolo des uraninites de pegmatites. C'est donc bien, comme l'un de nous l'a écrit, un minéral hydrothermal primaire. La forte proportion de molybdène, la présence de Bi, Sn, W, B, confirment également son opinion sur l'attribution de ce gisement à un groupe métallogénique, voisin du groupe stannifère, et, quant au stade uranique de la minéralisation hypogène, à une phase minérale intermédiaire entre les formations pegmatitiques et les gîtes hydrothermaux proprement dits [1].

Ces résultats et ceux de J. Verhaeghe, sur le spectre d'émission de la

[1] René van Aubel. *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 654-655.

pechblende secondaire, ne diffèrent que par des détails. Le remaniement de l'uraninite et sa transformation en pechblende n'ont guère altéré la composition qualitative du minéral.

Effectuée sur 2^g d'uraninite, une analyse chimique minutieuse fournit les résultats suivants :

Pb(RaG) = 6,64 pour 100; U = 76,94 pour 100; Pb : U = 0,0863.

Ce résultat correspond, à la troisième décimale près, à celui de A. Holmes (*loc. cit.*, p. 352), pour la pechblende de Kasolo. Utilisant la formule de A. C. Lane (*loc. cit.*, p. 211), l'âge de l'uraninite paraît être 617 millions d'années. Calculé par la même méthode, l'âge de la pechblende secondaire serait 600 millions d'années. Dix-sept millions d'années se seraient donc écoulées entre la cristallisation de l'uraninite et son remaniement. En utilisant la formule de C. W. Davis ([1]), on trouve respectivement 683 millions d'années et 665 millions d'années, pour les deux minéraux mentionnés.

La corrélation établie par A. Holmes, entre le système du Katanga, de l'Afrique centrale, et les séries du Transvaal et de Nama dans l'Afrique australe, est confirmée.

GÉOLOGIE. — *Sur la série liasique du pays de Skoura (Haut-Atlas marocain).* Note ([2]) de MM. **Paul Fallot, Léon Moret** et **Édouard Roch**, présentée par M. Ch. Jacob.

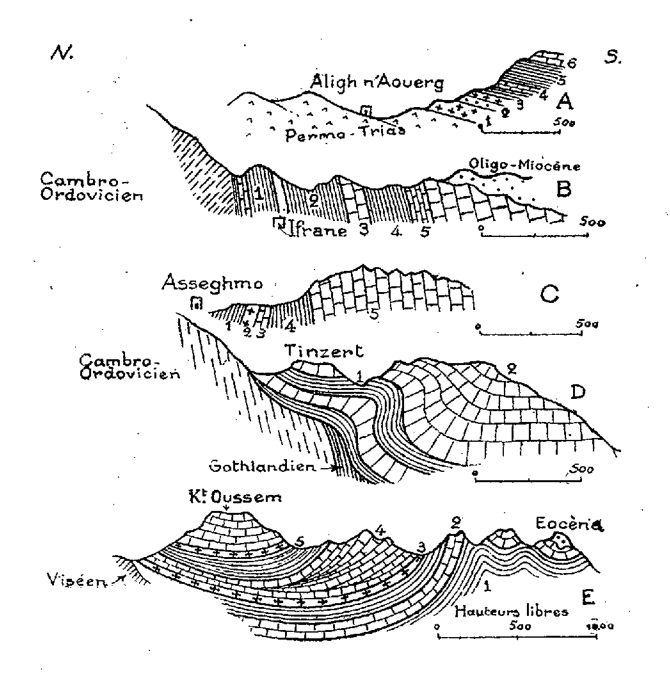
Les terrains paléozoïques du Pays de Skoura, déjà décrits par MM. Clariond, Gouskov et Roch ([3]), sont recouverts en discordance par le Permo-Trias, formé de conglomérats, grès, argiles gréseuses rutilantes et coulée de basalte doléritique. Au-dessus, repose le Lias calcaire qui constitue les hauts sommets de la zone axiale jurassique, en partie étudiée par l'un de nous (L. M.).

Le Lias, ployé en anticlinal, descend sur le flanc sud de la chaîne où le Crétacé et l'Éocène le recouvrent. Ces trois terrains associés forment les premiers reliefs bordant le pied sud du massif paléozoïque.

([1]) *Amer. Mineralogist*, **19**, 1934, p. 1.
([2]) Séance du 12 décembre 1934.
([3]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 542.

Leurs rapports sont simples, mais un niveau du Lias y offre un type si identique aux couches à Astartes du Crétacé, qu'une analyse tectonique s'imposait afin de préciser s'il n'y apparaît pas de superposition anormale.

Les cinq coupes figurées, relevées depuis l'Assif n'Ait Kantoula à l'Est jusqu'à l'Assif n'Tagrara à l'Ouest, s'échelonnent sur 40^{km}, transversalement aux couches.



A. Aligh n'Ouareg ([1]). — Le Permo-Trias supporte :

1. Grès à éléments surtout paléozoïques, calcaires, marnes rouges à gypse	15^{m}
2. Basalte, grès rouge cendré, marnes rouges et grès	25^{m}
3. Calcaires grès blancs, marnes rouges et vertes	10^{m}
4. Calcaires blancs à silex, Huîtres, Plicatules, Astartes silicifiées	quelques mètres
5. Marnes roses, grès gris, calcaires en plaquettes à empreintes végétales calcaires jaunes	100^{m}
6. Calcaires à *Sphaerocodium* et Brachiopodes du Lias.	

B. Ifrane. — Le Permo-Trias ayant disparu, la série ci-après repose transgressivement sur le Paléozoïque :

([1]) Les coupes A et B ont été levées en compagnie de L. Clariond.

1. Marnes rouges et vertes, gypseuses à lits calcaires.
2. Grès, marnes rouges et vertes.
3. Calcaires à silex, à Astartes, Huîtres, Plicatules.
4. Marnes rouges gypseuses.
5. Calcaires noirs à silex.

C. ASSEGHMO. — Le Permo-Trias, amputé de sa coulée doléritique, supporte :

1. Marnes rouges et grès.
2. Basalte et marnes rouges à gypse.
3. Calcaires à silex, à Huîtres, Plicatules, Astartes, etc.
4. Marnes rouges à gypse, grès rouge.
5. Calcaires à *Spiriferina* gr. de Sp. *Haueri*, *Rhynchonella* cf. *curviceps*, *Lima* sp. Déterminations de M. G. Dubar (Lotharingien).

D. TINZERT. — Les niveaux à Astartes (n° 1 de la coupe) reposent en couches d'abord subhorizontales sur le Paléozoïque, puis dessinent un brusque genou. Au-dessus, les calcaires à Spiriférines (n° 2 de la coupe) suivent le même mouvement.

E. KOUDIAT OUSSEM. — Le Viséen schisteux supporte :

1. Grès et marnes rouges à gypse, atteignant 200^m d'épaisseur vers le Sud, mais diminuent rapidement vers le Nord.
2. Marno-calcaires à Oursins, calcaires dolomitiques à Plicatules, Astartes, Huîtres, etc.
3. Marnes rouges, basalte, marno-calcaires à empreintes végétales, grès rouges dolomie à silex.
4. Calcaires dolomitiques à Térébratules, calcaires et marnes rouges alternés.
5. Basalte, puis calcaires dolomitiques craquelés, cargneules, pseudo-brèches. Vers le haut, calcaires à *Spiriferina* sp. *Zeilleria polymorpha*, *Terebratula mediterranea*, *T.* cf. *Marruchiensis*. Déterminations de M. G. Dubar (Lotharingien).

Les profils, où les superpositions ont été soigneusement verifiées, montrent une succession normale, sans renversement ni chevauchement. Ils établissent que, sous un Lotharingien daté, se placent des basaltes et des argiles rutilantes, salifères, associées à des calcaires à Huîtres, Astartes, Plicatules. Ces calcaires et leur faune, bien que rappelant par un remarquable mimétisme stratigraphique, le Cénomanien-Turonien du Sud-Ouest marocain et de la basse vallée de l'Oued el Abïd (E. R.) (¹) ne peuvent appartenir ici qu'au Lias inférieur, sous un faciès qui ne semble du reste pas avoir encore observé au Maroc.

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2151.

Outre ces particularités, on notera le caractère transgressif du Lias, ainsi que les variations de faciès et d'épaisseur de certaines de ses couches (nos 1 et 4 coupe E). Comme l'avait établi l'un de nous (E. M.), le Lias inférieur devient, d'Est en Ouest, plus dolomitique et plus riche en niveaux rutilants.

GÉOLOGIE. — *Le Trias dans le Synclinal du Haut-Laos.* Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Ch. Jacob.

Cette Note complète les renseignements que j'ai donnés antérieurement et coordonne ce que l'on sait sur le Trias marin entre la frontière de la Chine au Nord de Laichau (Tonkin) et Luang Prabang (Laos). Sur ce trajet de plus de 300km le synclinal du Haut-Laos est jalonné par quelques gisements fossilifères. Dans sa partie Nord il communiquait auprès de Dien Bien Phu avec les synclinaux de Sam Neua et du Song Ca, et alimentait sans doute plus au Sud la baie de Tay Chang.

Antérieurement à mes recherches, il y a lieu de retenir : 1° la découverte de *Dicynodon incisivum* dans les grès verts, par H. Counillon en 1896; 2° celle de la première ammonite norienne : *Discophyllites Laubei*, dans les calcaires dits liasiques de Luang Prabang, par Ch. Jacob et L. Dussault en 1922; 3° la reconnaissance des gisements carniens de Dien Bien Phu, Tay Chang et M. Heup par L. Dussault, de 1915 à 1924.

A part quelques arkoses et des grès schisteux de nature subcontinentale, le Trias fossilifère le plus bas appartient à la zone à *Tropites subbulatus*, c'est-à-dire au Carnien le plus élevé. Quant aux couches marines les plus récentes : les calcaires de Luang Prabang, elles ne montent pas au delà du Norien moyen.

En tenant compte des découvertes antérieures et de mes propres recherches depuis 1928, on peut établir les successions suivantes :

A. Dien Bien Phu. — *Norien :* Poudingues à éléments éruptifs du col de Muong Poun. *Carnien :* 3. Grès schisteux clairs à *Discotropites Loutreli;* 2. Schistes gréseux gris ou bruns à *Halobia* cf. *superba*, *H. Amœna*, *Monotis aviculæformis*, *Posidonomya fasciata* et *P. lineolata;* 1. Arkoses.

B. Baie de Tay Chang. — *Norien :* Poudingues gréseux. *Carnien :* Schistes gréseux noirs à *Halobia austriaca*.

C. Muong Heup (près du col qui domine le village au Nord). — *Norien :* Poudingues gréseux et terrain rouge. *Carnien :* 2. Schistes altérés en jaune, avec *Arcestes* sp. *Halobia comata* et *H.* cf. *rugosa;* 1 (?). Arkoses.

D. Pak Ou (sur le Nam Ou). — *Norien :* 3° Grès argileux rouges; 2° Grès bruns

micacés, grès et argiles rouges avec petits galets calcaires; 1° Grès verts; *Passage du Carnien au Norien;* 3° Argiles gréseuses noires, alternant avec quelques lits calcaires et contenant : *Tropites Phœnix*, *Myophoria Emmerichii*, *Pseudomonotis convexa* et *Halobia* cf. *comato;* 2° Grès verts à *Equisetum* cf. *arenaceum* passant par le bas à : 1° des grès, arkoses et argiles versicolores.

E. Don Tien et Sang Hai. — *Norien* : 2. Calcaires à fossiles silicifiés avec : *Discophyllites* sp., *Placites* sp., *Arcestes ?*, *Clydonautilus Griesbachi*, *Halobia pluriradiata* et *Terebratula brevirostris*; I. Alternances de calcaires et de schistes sans fossiles. Discordance. *Passage du Carnien au Norien*. Schistes bruns et surtout noirs avec calschistes contenant : *Tropites Phoenix*, *Myophoria Emmerichii*, *Halobia comata*, *H.* aff. *H. Cordillerana*, *Pseudomonotis convexa*, *Nucula strigilata* et ? *Lima subpunctata*. Légère discordance, *Carnien* : Schistes noirs ou jaunes par altération, ayant donné : *Acanthinites excelsus*, *Tropites Phoenix*, *Pinacoceras* sp., *Halobia superba*, *H.* cf. *comata? Lima subpunctata* et *Leda* sp. Ces couches carniennes affleurent sur une faible étendue à la clé de voûte d'un anticlinal dirigée au N-NE.

F. Luang Prabang (rive droite du Mékong). — *Norien ;* 2. Calcaires à *Tibetites* cf. *Murchisoni*, *Discophyllites Laubei*, D. cf. *Flowerī*, *Placites* sp. *Arcestes ?*, *Hustedia orientalis*, *Halorella* nov. sp. *Spiriferina* aff. *S. Deodaroe S. acuta*, *Spirigera trigonella*, *S. Dieneri*, *Spirigera* nov. sp. *Rhynchonella pseudopleurodon*, *R. Mahei*, *Terebratula brevirostris;* I. série argileuse versicolore, rouge et violette, avec, en quelques points, grès verts, au sommet.

Toutes ces faunes ne présentent des différences bien tranchées qu'à partir des calcaires à Térébratules, qui se font remarquer par leurs formes entièrement nouvelles, présentant des affinités tout à fait remarquables avec le Norien inférieur et moyen de l'Himalaya, et n'ayant aucune ressemblance avec les autres gisements de même âge en Indochine, probablement par suite de conditions bathymétriques différentes; quant aux faunes carniennes et carno-noriennes leurs affinités sont beaucoup plus avec les Alpes, Timor et le Yunnan occidental, qu'avec l'Himalaya.

Ce Trias marin est recouvert ou passe latéralement, comme on a pu s'en rendre compte dans la coupe de Pakou, à des formations subcontinentales. Celles-ci, bien développées dans la boucle du Mékong, présentent la succession suivante de haut en bas : 3° grès rouges de Pou Say avec arkoses et brèches siliceuses à la base, supérieurs aux calcaires de Luang Prabang; 2° grès verts à *Dicynodon incisivum*, équivalents probable du Norien marin; 1° série versicolore dont la base correspond au Carnien de Song Hai.

Au point de vue tectonique le Synclinal du Haut-Laos se place exactement dans la zone de chevauchement de l'Indosinia par le Haut-Laos, et les deux discordances signalées plus haut paraissent encadrer le premier paroxysme orogénique des Indosinides.

GÉOLOGIE. — *Notable extension de l'Ordovicien dans la partie orientale de la Montagne Noire*. Note de MM. **Joseph Blayac** et **Rodolphe Böhm**, présentée par M. Ch. Jacob.

A l'Est de l'Orb et jusqu'à la Lergue, affluent de l'Hérault, le Dinantien, d'après Bergeron et ses prédécesseurs, occuperait la majeure partie de ce vaste territoire oriental de la Montagne Noire. Il résulte de nos recherches et des levés détaillés dressés par l'un de nous, M. Böhm, que l'Ordovicien est là bien plus développé qu'il n'est indiqué sur la feuille de Bédarieux de la Carte géologique de la France et qu'il y est assez fossilifère pour qu'on soit bien fixé sur son âge. Entre Laurens et Vailhan, Bergeron n'a marqué que deux lambeaux d'Ordovicien très isolés l'un de l'autre et il n'en indique aucun fossile; avant lui, de Rouville s'était contenté de réunir en cette région sous une seule teinte un complexe de formations qu'il attribuait à trois âges différents : Silurien, Dévonien, Carbonifère. Leur méprise ou leurs hésitations s'expliquent par le fait que les schistes et les grès dinantiens ont quelque analogie de faciès avec ceux des divers horizons ordoviciens, et qu'ils n'y avaient point, comme nous, découvert de fossiles.

Cependant, on ne peut confondre, quand on y regarde de près, les schistes et les grès du Dinantien avec ceux des diverses unités de l'Ordovicien qui, dans toute la Montagne Noire, abondent en nodules bien caractéristiques (*tuttenstein*) inconnus dans le Carbonifère. Le Tournaisien est bien constitué à sa base par des schistes à lydiennes et aussi à nodules, mais tout différents des précédents.

Nous pouvons prouver que l'Ordovicien se poursuit sans interruption depuis Malac à l'Ouest (environs de Roquessels) jusqu'à Vailhan à l'Est. Son affleurement, de direction Ouest-Est, mesure 7^{km} de longueur; sa largeur atteint jusqu'à 1^{km} dans le Bois du Devès. Vers l'Est, il doit se réunir, semble-t-il, à celui des schistes ordoviciens des environs de Cabrières. Mais ici des éboulis et une végétation dense gênent l'observation. L'ensemble de la formation est très plissé; il est affecté d'un plongement général vers le Sud.

La limite septentrionale de l'affleurement commence à l'Ouest dans le Bois de Fuxian, longe le Dévonien de Roquessels, les filons de quartz de Montesquieu jusqu'à Vailhan. Sa limite méridionale borde le Dévonien de Laurens, passe au Sud de la colline 223 et se dirige vers Vailhan en se rapprochant de la limite Nord.

La lithologie, assez uniforme, comprend des schistes gris verdâtre ou vert noirâtre, des schistes gréseux micacés très riches en *tuttenstein*, des grès psammitiques. Tous sont altérés en surface et acquièrent des teintes brun rouille, sorte de caractère empirique de l'Ordovicien. Les restes organiques n'y sont pas aussi rares qu'on pourrait le croire; ils sont seulement mal conservés. Cinq gisements principaux sont à signaler; ils marquent la continuité de l'affleurement, indiquée également par la présence constante des nodules. Les fossiles découverts et déterminés sont caractéristiques de l'Arenig. Mais rien ne prouve que cet étage soit seul présent; le Trémadoc et le Llandeilo y sont vraisemblablement représentés.

Voici une succession stratigraphique observée en divers points :

Au contact de schistes gréseux A qui rappellent ceux de l'Arenig inférieur, se trouvent des grès micacés B où l'on recueille *Lingula Lesueuri* Rou. et *L.* cf. *crumena* Phill.; c'est bien là l'Arenig moyen.

Viennent ensuite des schistes noirs micacés C, à grands nodules de microquartzite, de structure « cone in cone »; certains ont 60^{cm} de diamètre et renferment des débris de grands Asaphidés.

Puis, sont des schistes noirâtres D dont la faune très variée comprend *Bellerophon*, *Redonia*, *Orthoceras*, *Ogygia* sp., et des *Asaphidés* non déterminés. Les horizons A et B appartiennent à l'Arenig inférieur et moyen, C et D représentent l'Arenig supérieur; ils sont l'homologue de ceux, bien connus, de Boutoury et de la vallée du Landayran (rive droite).

Nous pouvons, d'ores et déjà, donner un avis provisoire sur la position tectonique de ce vaste affleurement ordovicien. Bergeron estimait que les deux lambeaux qu'il avait signalés sur le trajet de cet affleurement faisaient partie de sa troisième nappe, celle de Cabrières-Laurens, et qu'ils flottaient à la surface du Dinantien.

Or, là où les contacts avec le Dinantien sont bien visibles, on observe, près de Roquessels notamment, que l'Ordovicien s'enfonce, à la façon d'un anticlinal, sous les schistes carbonifères [1].

---

[1] De même nous avons recherché avec soin, mais en vain, le seul lambeau d'Acadien signalé dans ce vaste territoire, par Bergeron, à Roquessels; à sa place nous n'avons trouvé que le Dinantien typique.

GÉOLOGIE. — *Résultats géologiques et hydrologiques du sondage n° 3 de Ben Gardane* (Extrême-Sud Tunisien). Note de M. **Marcel Solignac**, présentée par M. Ch. Jacob.

Mieux que les sondages antérieurs effectués de 1920 à 1925 [1], le sondage n° 3 de prospection hydrogéologique, implanté à la cote + 14,20, à 5300^{m} au nord 9° ouest de Ben Gardane, a permis d'étudier une longue coupe de la série néogène, sous-jacente aux atterrissements quaternaires qui forment, de Gabès au Sahel d'Homs (Tripolitaine), le revêtement superficiel de la plaine de la Jefara. Cet ouvrage a été exécuté en 1931-1932 sous la haute direction de MM. P. Reufflet et P. Gevrey.

Grâce à des carottages fréquents et à de nombreux prélèvements effectués soigneusement par M. R. Bousquet, le profil suivant a pu être établi.

A. *Holocène et Pléistocène récent et moyen* (contemporain de la formation à Strombes et postérieur à celle-ci). — De 0^{m} à 20^{m}, sable de grès tendre rouge brique plus ou moins cimenté. Nappe aquifère à 18^{g} de résidu sec par litre vers la profondeur de 10^{m}.

B. *Pléistocène ancien* (antérieur à la formation à Strombes). — De 20^{m} à 21^{m},40, travertin gréso-calcaire de couleur saumon avec ciment gypseux.

C. *Post-Pliocène ou Pliocène ancien.* — De 21^{m},40 à 51^{m}, argile couleur brique à gypse avec quelques bancs de sable (équivalent latéral des argiles à *Cardium edule* et *Alexia Cossoni* du littoral de Gabès et des argiles à poterie de Djerba).

D. *Pliocène-Pontien* (?). — *a.* De 51^{m} à 121^{m}, grès rougeâtres argileux ou gypseux.

b. De 121^{m} à 224^{m}, argile rougeâtre avec intercalations sableuses. Nappe aquifère faiblement artésienne à 13^{g},750 d'extrait sec par litre entre 170^{m} et 200^{m}.

c. De 224^{m} à 270^{m}, poudingue et micropoudingue de galets de quartz, de calcaire et de gypse. Augmentation du gypse en profondeur.

E. *Vindobonien.* — *a.* De 270^{m} à 276^{m}, alternances de marnes grises très calcaires renfermant de grands cristaux de gypse recristallisé et de bancs de grès gris à ciment marneux ou gypseux. Nombreux fossiles, notamment *Cerithidés* et *Pectinidés*, identiques à ceux de l'assise *f*, mais paraissant remaniés.

b. De 276^{m} à 286^{m}, sable gris et rouge.

c. De 286^{m} à 435^{m}, marnes grises ou verdâtres, de plus en plus compactes et gypseuses, avec intercalations, entre 347^{m} et 435^{m}, de petits bancs calcaires.

---

[1] M. Solignac, *Étude géologique de la Tunisie septentrionale*, Tunis, 1927, p. 329.

d. De 435[m] à 445[m], sable gris bleu renfermant une nappe aquifère faiblement artésienne à 9g,660 d'extrait sec par litre.

e. De 445[m] à 533[m], marne verte ou gris bleu peu gypsifère avec intercalations irrégulières de sable glauconieux.

f. De 533[m] à 592[m], marne grise graveleuse contenant des agrégats de pyrite de fer et alternant avec des calcaires gris bleu et des sables gris. Cette assise contient, en grande abondance, les fossiles suivants, très souvent brisés, et dont les plus difficiles à déterminer ont été identifiés aimablement par MM. F. Roman et L. Doncieux de Lyon : *Pecten Fuchsi* Font., *P. cristocostatus* Sacco, *P.* aff. *Vasseli* Fuchs, *P.* gr. *P. opercularis*, *P.* (*Chlamys*) *Zitteli* Fuchs, *P.* (*Chlamys*) *multiscabralla* Sacco, *Anomia ephippium* Lin. var. *Hœrnesi* Sacco, *Ostrea* sp., *O. digitalina* Dub., *O. crassissima* Lmk, *O. edulis* L. var. *adriatica* Lmk, *Cardium Michelottianum* May., *Miltha* (*Megaxinus*) *bellardiana* May., *Venus multilamella* Lmk, *V. excentrica* Lmk., *Cerithium* sp., *Turritella* cf. *subangulata* Brocchi., Balanes, Bryozoaire, débris d'Échinides, de Crustacés et de Poissons : *Cylindracanthus* (*Cœlorhynchus*) sp., *Oxyrhina*, *Carcharodon*, Myliobatidés.

F. *Burdigalien-Aquitanien*. — *a*. De 592[m] à 626[m], sable et grès blanchâtre à ciment argileux renfermant, à la base, entre 616[m] et 617[m], une abondante faune de gros Foraminifères dont M. L. Doncieux m'a donné la liste suivante : *Operculina complanata* Bast., *Heterostegina papyracea* Seg., *Miogypsina complanata* Schlumb. *Spiroclypeus* sp., nombreuses *Amphistégines*.

b. De 626[m] à 669[m], sables et marnes à *Teredo* sp. entrecoupés de bancs d'environ 1[m] d'épaisseur de dolomie bleue incrustée de grosses huîtres. Nappe aquifère fortement artésienne (débit : 20l/sec), mais contenant 10g800 d'extrait sec par litre.

La présence dans l'assise (F, *a*) de *Spiroclypeus* sp. dont M. H. Douvillé (1) a démontré naguère l'âge aquitanien supérieur et son mélange avec *Miogypsina complanata* qui est burdigalienne paraît indiquer une couche de passage entre l'Aquitanien et le Burdigalien.

La coupe de Ben Gardane est à rapprocher de celles qui ont été relevées au cours du forage des puits artésiens de Tripolitaine : Pisida (2), Zouara (2), Tripoli (3) et Ksar Carabulli (4). En ces deux derniers points, notamment, l'identité lithologique et paléontologique avec les observations faites à Ben Gardane est parfaite. Ces divers sondages permettent de suivre l'allure du Miocène sous le recouvrement pléistocène de la Jefara. Sur un profil de direction WNW-ESE allant de Ben Gardane à Homs on voit nettement la surface de tête du Miocène partir de la cote — 256 pour se relever progres-

---

(1) *Bull. Soc. géol. France*, 4e série, 5, 1905, p. 435-464.

(2) Communication de M. C. Crema.

(3) C. F. Parona, *Boll. del R. Comitato geol. d'Italia*, 44, II, 1914, p. 115-120.

(4) O. Panzera, *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 51, II, 1932, XI, p. 289-296.

sivement vers la surface du sol et se raccorder finalement aux affleurements du Sahel d'Homs dont M. P. Vinassa de Regny a désormais établi l'âge miocène moyen ([1]).

SÉISMOLOGIE. — *Sur la théorie des séismographes à amplification électro-magnétique.* Note de MM. **J. Coulomb** et **G. Grenet**, transmise par M. Ch. Maurain.

L'enregistrement galvanométrique des téléséismes a été mis au point par Galitzine, dont l'appareil est maintenant classique. Depuis, des appareils différents ont été réalisés [Wenner ([2]), Benioff ([3])]; des études théoriques partielles ont été entreprises [Wenner ([2]), Rybner ([4])]; mais les progrès ont été lents faute d'une théorie générale. Donnons-en ici le principe.

Considérons un pendule de séismographe entraînant une bobine qui se déplace entre les pôles d'un aimant et qui est réunie aux bornes d'un galvanomètre shunté. Le pendule envisagé n'a qu'un seul degré de liberté de façon à être sensible à une composante bien définie x du mouvement du sol. Soit θ le déplacement angulaire du galvanomètre. L'équation différentielle dont dépend θ peut être mise sous la forme

$$\frac{d^4\theta}{d\tau^4} + A\frac{d^3\theta}{d\tau^3} + B\frac{d^2\theta}{d\tau^2} + C\frac{d\theta}{d\tau} + \theta = \frac{d^3X}{d\tau^3}, \tag{1}$$

X étant proportionnel à x, et τ au temps t; soit $\tau = \omega' t$. Nous désignerons par ω_0 et Ω_0 les pulsations propres du galvanomètre et du pendule, α et β leurs amortissements ([5]). On alors

$$\omega'^2 = \omega_0\Omega_0,$$

$$A = 2\left[\alpha\frac{\omega_0}{\omega'} + \beta\frac{\Omega_0}{\omega'}\right],$$

$$B = \frac{\Omega_0}{\omega_0} + \frac{\omega_0}{\Omega_0} + 4\lambda\alpha\beta,$$

$$C = 2\left[\alpha\frac{\Omega_0}{\omega'} + \beta\frac{\omega_0}{\omega'}\right],$$

([1]) P. Vinassa de Regny, *Ibid.*, p. 278.

([2]) *Bureau of Standards Journal of Research*, **2**, May 1929, p. 963-999 (Research paper, n° **66**).

([3]) *Bull. Seismological Soc. America*, **22**, n° **2**, juin 1932, p. 155-169.

([4]) *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, **31**, 1931, p. 259-281.

([5]) En sorte que le premier membre de l'équation du galvanomètre, par exemple, soit $d^2\theta/dt^2 + 2\alpha\omega_0\, d\theta/dt + \omega_0^2\theta$.

λ étant un coefficient qui caractérise la réaction du galvanomètre sur le pendule, et que nous ne définirons pas ici, disant seulement qu'il est 1 lorsque la réaction est nulle, et 0 lorsqu'elle est maxima.

La symétrie des équations en α, ω_0 d'une part, et β, Ω_0 d'autre part, montre qu'on peut permuter les caractéristiques du pendule et du galvanomètre sans altérer le résultat. Dans les énoncés qui suivent nous ne distinguons pas entre ces deux réalisations d'un même appareil, étant entendu que l'une d'elles peut être beaucoup plus avantageuse comme construction ([1]).

La grandeur de l'amplification mise à part, A, B, C déterminent complètement les résultats que l'on peut attendre de l'appareil. Si on se donne A, B, C, et λ ($A > 0$, $B > 0$, $C > 0$, $0 < \lambda \leq 1$) la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe un appareil admettant ces constantes est

$$B > \frac{A}{C} + \frac{C}{A}.$$

Soient α et β les amortissements dans cet appareil. Si

$$\lambda\alpha^2 > 1 \qquad \text{et} \qquad \lambda\beta^2 > 1,$$

et dans ce cas seulement, il existe deux autres appareils correspondant aux mêmes constantes.

En particulier : 1° on peut étudier toutes les caractéristiques réalisables sur des appareils sans réaction ($\lambda = 1$) pour lesquels on peut considérer successivement le mouvement du pendule et celui du galvanomètre;

2° à tout appareil où la réaction est négligée (comme dans le Galitzine) correspond une infinité d'appareils réalisables rigoureusement, et possédant les mêmes caractéristiques; d'où une extension considérable des possibilités de construction.

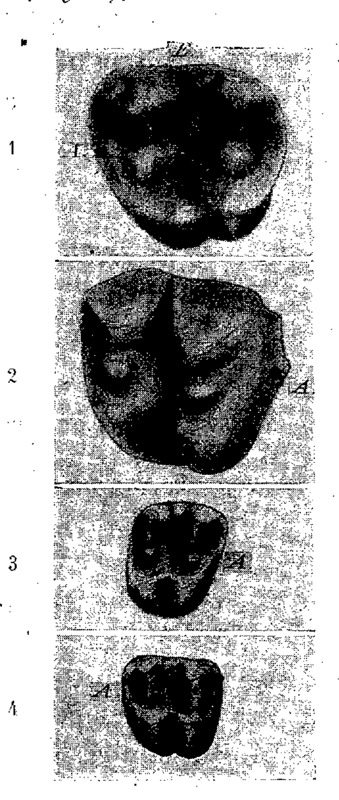
PALÉONTOLOGIE. — *Le type primitif des molaires supérieures chez les Rongeurs.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le plus ancien Rongeur que l'on connaisse, et que l'on s'accorde aussi à considérer comme le plus archaïque, est le *Paramys* de l'Éocène inférieur d'Europe (Épernay, Orsmaël, décrit par P. Teilhard de Chardin) et de

---

([1]) Cette remarque peut apporter par l'emploi de galvanomètres à grande période une solution au problème des appareils verticaux, si difficile à résoudre par les voies habituelles.

l'Éocène d'Amérique du Nord (Wasatch, Wyoming, Uinta, décrit surtout par W. D. Matthew). Par l'architecture de son crâne, il est très semblable aux Rongeurs actuels. Au point de vue de la dentition, on lui attribue constamment, aux molaires supérieures (P. Teilhard de Chardin, 1921 et A. S. Woodward, 1925), « un dessin trituberculaire extrêmement



Première molaire supérieure de *Paramys*, de *Pseudosciurus* et de *Sciuroïdes*, d'après des échantillons du British Museum. — 1. *Paramys delicatior* Leidy var. *robustior*, Éocène moyen du Wyoming (U. S. A.); 2. *Pseudosciurus suevicus* Hensel, Éocène supérieur de Frohnstetten (Wurtemberg); 3. *Sciuroïdes intermedius* Schl., Oligocène de Mouillac (Tarn-et-Garonne); 4. *Sciuroïdes Rütimeyeri* Pictet, Oligocène de Mouillac (Tarn-et-Garonne).

N. B. — La lettre A indique le côté antérieur; la lettre E le côté externe. Le grossissement est d'environ 7,5.

net » (E. Patte, 1934). D'après les représentations que donnent les auteurs des molaires supérieures des diverses espèces de *Paramys*, vues par leur face triturante, il est manifeste que les observations faites jusqu'ici l'ont été uniquement sur des dents plus ou moins abrasées et, par conséquent, incapables de fournir des renseignements valables.

Ayant eu l'occasion d'examiner au British Museum les molaires supérieures encore vierges, c'est-à-dire non abrasées, du *Paramys delicatior* var. *robustior* provenant du Wyoming, j'ai constaté, ainsi que le montre l'une des figures ci-jointes, qu'elles présentaient de la manière la plus indiscutable le type à six tubercules (deux externes, deux intermédiaires, deux internes), type qui s'observe d'une façon générale chez toutes les formes commençant les grands groupes de Mammifères placentaires au début de l'époque tertiaire (Condylarthres, Créodontes, Insectivores et Primates) et qui n'a laissé de traces que chez quelques formes actuelles restées de type archaïque.

Le *Pseudosciurus* (Bohnerz du Wurtemberg), que Matthew considère comme l'un des plus primitifs Rongeurs européens, présente le même type dentaire que le *Paramys*. Ce type se retrouve également chez le *Sciuroïdes* qu'on réunit avec le précédent dans la famille des Pseudosciuridés (Éocène et Oligocène d'Europe). Cependant, dans le genre *Sciuroïdes*, il existe des variantes : l'une d'elles consiste en la présence, chez le *Sciuroïdes intermedius* Schl., d'une ébauche de crête transversale entre les tubercules externes et les tubercules intermédiaires; chez le *Sciuroïdes Rütimeyeri* Pictet, les tubercules externes et intermédiaires sont complètement réunis et remplacés par une crête transversale correspondant à leur fusion. Je montrerai, plus tard, comment cette disposition conduit à la morphologie dentaire des Sciuridés et, par elle, à la compréhension de la toechodontie (disposition en crêtes transversales) caractéristique de l'ensemble des Rongeurs.

BOTANIQUE. — *Sur le virus Y des Solanées*. — Note de MM. **Kenneth Smith** et **Jean Dufrenoy**, présentée par M. Louis Mangin.

Des maladies à virus particulièrement graves se manifestent par des décolorations et des déformations foliaires, (frisolée) chez le *Solanum tuberosum*; elles sont causées par l'interaction de deux virus X et Y ([1]). Des pucerons de l'espèce *Myzus persicæ*, nourris sur une Solanée infectée par ces deux virus X et Y deviennent capables de transmettre, aux Solanées qu'ils piqueront ensuite, et en particulier aux *Nicotiana*, le virus Y à l'exclusion du virus X.

([1]) K. M. Smith, *Proc. Roy. Soc.*, B, 109, 1931, p. 251-267.

La propagation, par voie végétative, des *Solanum tuberosum* infectés, assure, après la conservation hivernale des virus dans les tubercules, leur généralisation dans les organes foliaires développés au printemps.

Comme il était à prévoir, nous observons donc la fréquente manifestation du virus Y dès la fin du mois d'août sur les *Nicotiana* cultivés au voisinage des *Solanum tuberosum* présentant des lésions nécrotiques de bigarrure dues au virus Y, ou des symptômes, tels que ceux de la frisolée, dus au complexe des virus X et Y.

Ce virus Y se révèle sur les feuilles de diverses variétés de *Solanum tuberosum* par des bandes nécrotiques le long des nervures, sur celles des *Nicotiana* par des bandes vert foncé bordant les nervures, et se détachant nettement sur le fond vert clair du limbe, ce qui a valu au virus Y son nom américain de *vein-banding* (1) (*fig.* 1).

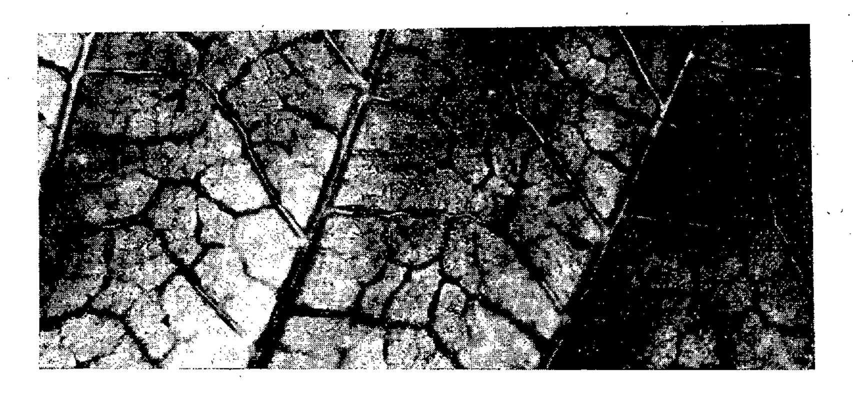


Fig. 1. — Photographie de feuille de *Nicotiana tabacum* affectée par le virus Y.

Ces bandes vert foncé, plus épaisses que le tissu vert clair, sont formées de cellules palissadiques plus allongées et de cellules plus nombreuses et plus serrées de parenchyme lacuneux. Les chloroplastes, relativement moins pauvres en amidon que ceux des cellules vert clair, sont surtout beaucoup moins riches en gouttelettes de graisse. Dans les feuilles détachées des tiges et abandonnées à une fanaison lente, ils conservent leur coloration verte, tandis que les chloroplastes des tissus vert clair jaunissent en subissant une dégénérescence graisseuse (*fig.* 2).

Les cellules des feuilles de *Nicotiana tabacum* affectées par le virus Y

(1) A. Gratia et P. Manil, *C. R. Soc. Biol.*, 117, 1934, p. 490.

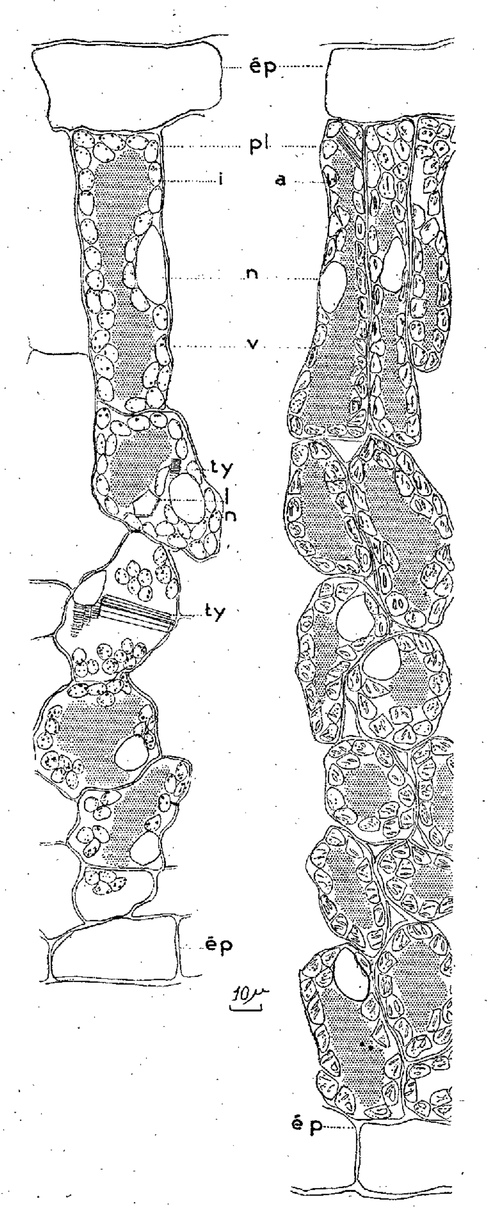


Fig. 2. — Coupes transversales de feuille de *Nicotiana tabacum* affectée de virus Y; à gauche, au niveau du tissu vert clair; à droite, au niveau d'une bande vert foncé; la solution vacuolaire (*v*) a été colorée vitalement par le rouge neutre, les inclusions lipoïdiques (*i*) ont été colorées post-vitalement par le bleu d'indophénol dans les chloroplastes (*pl*). Les chloroplastes des cellules vert foncé contiennent des grains d'amidon (*a*). *n*, noyaux; *ty*, cristaux de tyrosine; *ep*, épiderme.

montrent, comme celles qui sont affectées par les virus dits « du tabac » une tendance des mitochondries à se grouper le long de trabécules cytoplasmiques dessinant des réseaux en « nids d'abeilles » autour de petites vacuoles groupées.

Ces réseaux cytoplasmiques peuvent fixer très fortement les colorants et figurer ce que les auteurs ont appelé « inclusion » dans la cellule. Beaucoup de cellules montrent des « corps striés », paraissant formés de faisceaux de cristaux de tyrosine.

Les observations cytologiques permettent donc de penser que le virus Y, comme les autres virus, tend à ralentir la synthèse des complexes qui constituent le cytoplasme, et, par conséquent à provoquer l'accumulation d'aminoacides.

BOTANIQUE. — *Variations saisonnières de l'acide cyanhydrique chez le* Molinia cærulea *Moench.* Note de MM. **A. Juillet** et **R. Zitti** ([1]), présentée par M. L. Mangin.

Les quantités d'acide cyanhydrique que dégagent les appareils végétatifs et reproducteurs du *Molinia cærulea* Moench subissent des variations en rapport avec les phases de l'évolution saisonnière de la plante. C'est ce que nous ont montré des titrages effectués de novembre 1933 à novembre 1934 sur des *Molinia cærulea* (var. *altissima* Link.) provenant de Montarnaud (Hérault) et accessoirement de Prats-de-Mollo (Pyrénées-Orientales).

Racines. — A la fin de la floraison et pendant l'hiver, les racines ne renferment pas de complexe cyanogénétique. Mais dès l'apparition des premières feuilles (15 mai), la présence de l'acide cyanhydrique est décélée à l'état de traces non dosables dans les racines. Trois semaines après, les racines dégagent par kilo d'organes traités : $0^g,015$ d'acide cyanhydrique. Cette teneur subit quelques fluctuations au cours des quatre mois suivants : $0^g,025$ le 25 juin, $0^g,062$ le 13 juillet, $0^g,025$ le 10 août, $0^g,043$ le 6 septembre, et atteint son maximum : $0^g,135$, au début de l'épanouissement des fleurs (octobre). Toutefois cette teneur maxima n'a pas été observée sur les racines récoltées à Prats-de-Mollo, au début de la floraison, plus précoce dans cette région montagneuse (septembre); l'acide cyanhydrique dégagé par kilo de racines était de : $0^g,023$. Brusquement, dès la fin de l'anthèse, les racines ne dégagent plus d'acide cyanhydrique.

([1]) Voir *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 617.

Tiges. — L'acide cyanhydrique apparaît à la base des tiges, dans la région bulbeuse du collet, dès la formation de ces organes (15 mai), mais par quantités minimes, non dosables. Le 6 juin, le titre s'élève à $0^g,012$ d'acide cyanhydrique par kilo, à $0^g,025$ le 25 juin et se maintient sensiblement à ce taux jusqu'à la floraison ($0^g,021$ le 13 juillet, $0^g,015$ le 10 août, $0^g,016$ le 8 octobre).

Les mêmes organes récoltés à Prats-de-Mollo, sur des plantes en fleurs, titraient $0^g,015$ d'acide cyanhydrique par kilo.

Comme les racines, ces organes ne dégagent plus d'acide cyanhydrique à la fin de l'anthèse.

Feuilles. — Le complexe cyanogénétique fait constamment défaut dans le limbe des feuilles, quelle que soit la période d'évolution.

Inflorescences. — Les inflorescences apparaissent vers la mi-juin : elles atteignent rapidement 15^{cm} à 20^{cm} de haut; elles dégagent alors par kilo : $0^g,025$ d'acide cyanhydrique. Cette teneur s'élève à $0^g,078$ le 13 juillet, s'abaisse à $0^g,024$ le 10 août et se maintient sensiblement à ce taux jusqu'à l'épanouissement des fleurs, pour ne dégager que des traces d'acide cyanhydrique à la fin de l'anthèse.

Épillets. — Les épillets présentent des modalités analogues, mais plus accusées. Peu après leur formation (13 juillet) alors que l'androcée et le gynécée sont à peine ébauchés, la teneur en acide cyanhydrique s'élève à un taux très élevé : $0^g,191$ par kilo, taux qui ne sera plus atteint par la suite ($0^g,108$ le 10 août, $0^g,153$ le 6 septembre et $0^g,064$ le 8 octobre au cours de l'épanouissement des fleurs).

En période d'épanouissement, des épillets récoltés à Prats-de-Mollo (1er septembre) présentaient un titre plus élevé : $0^g,194$.

Les anthères sont riches en complexe cyanogénétique : $0^g,100$ d'acide cyanhydrique environ par kilo.

Mais, dès que les fleurs sont fécondées, le complexe cyanogénétique disparaît. Les caryopses, même avant leur maturation, en sont dépourvus.

La dessiccation et la conservation déterminent un abaissement notable des complexes cyanogénétiques; les épillets desséchés perdent, après deux mois de conservation, 35 à 40 pour 100 de l'acide cyanhydrique qu'ils dégageaient à l'état frais, ce qui peut présenter quelque intérêt pour les fourrages.

Les quantités d'acide cyanhydrique dégagées par un organe ne sont pas modifiées par l'addition d'émulsine aux macérés. Par contre, une contusion partielle des organes, avant la macération qui précède la distillation, ne permet pas l'action du ferment sur la totalité du glucoside. Le rendement

en acide cyanhydrique est fortement accru, en effet lorsque les organes ont été finement pulpés (inflorescences hachées : $0^g,048$; inflorescences pulpées : $0^g,153$ d'acide cyanhydrique par kilo).

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Premier aperçu sur la végétation de l'Archipel des Iles du Cap Vert.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Un séjour de quatre mois aux Iles du Cap Vert, de juin à octobre, c'est-à-dire pendant la saison chaude et pluvieuse qui correspond au réveil de la nature et à l'entrée en végétation des plantes, nous a permis de recueillir des documents importants sur la flore et la végétation de cette contrée, une des moins connues du globe.

Tous les voyageurs qui ont herborisé avant nous dans ces îles s'étaient arrêtés aux premiers contreforts montagneux et n'avaient pas escaladé les pentes des volcans de l'intérieur des îles.

Nous avons pu pénétrer au cœur des principales îles et gravir les plus hautes montagnes. Une erreur qui remonte à 1850, accréditée par Webb (d'après les collections de Bertrand Bocandé), basée sur une liste de plantes dont 30 espèces ligneuses, parmi lesquelles des soi-disant endémiques (*Cremaspora Bocandeana*, *Pavetta syringoides*, *Canthium anonæfolium*, *C. triacanthum*, *Vitis gorgonobotrys*, *Dialium anomalum*, *Rhynchosia Bocandeana*, etc.) avait fait croire jusqu'à ce jour que la flore capverdienne avait des affinités africaines continentales, les plantes de cette liste étant apparentées ou identiques à des espèces de Sénégambie. On y a vu les reliques d'une Atlantide soudée à l'Afrique. Nous n'avons rencontré dans l'Archipel aucune des plantes de la liste de Webb, et nous avons la conviction que Bocandé n'a pas herborisé au Cap Vert, mais en Guinée portugaise, de sorte que les espèces énumérées en 1850 ne sont pas de l'Archipel.

En réalité, la flore autochtone capverdienne est pauvre et essentiellement d'origine méditerranéo-atlantique. Les îles ont surgi de l'Océan au Tertiaire; elles se sont peuplées lentement par des apports de Madère et des Canaries. Dans les îles de l'Est, quelques éléments sahariens existent aussi, mais la côte de Mauritanie n'est qu'à 500^{km} de l'île de Sal, de sorte que les graines de ces plantes ont pu être transportées par le vent ou les oiseaux.

La flore ligneuse autochtone est très pauvre et se réduit à quelques endémiques de

Macaronésie de petite taille (2 ou 3m de hauteur au maximum) conservées à l'état de reliques sur les montagnes. Ce sont : *Euphorbia Tuckeyana* (voisin de *E. piscatoria* de Madère), *Echium hypertropicum* (voisin d'espèces de Madère et des Canaries), *Sideroxylon Marmulana* et variétés (connu aussi à Madère et aux Canaries), *Teline stenopetala* (connu aussi à Madère), *Artemisia Gorgonum* (voisin de *A. canariensis* de l'Archipel canarien), *Lytanthus amygdalifolius* (voisin de *L. salicifolius* de Madère et des Canaries).

On trouve encore *Dracæna Draco* (connu aussi aux Canaries et à Madère), spontané dans les rochers surplombant les ravins; enfin, un magnifique Palmier (*Phœnix Atlantidis* sp. nov.), intermédiaire entre *P. Jubæ* des Canaries, et *P. dactylifera* existe dans les bas-fonds.

Sur le littoral et aux basses altitudes, on observe aussi à l'état spontané : *Tamarix gallica* de l'Europe et de la Côte septentrionale et occidentale d'Afrique, *Anona palustris* (du littoral américain et africain tropical), *Cæsalpinia crista* (littoral de toutes les régions tropicales).

Enfin nous avons observé neuf espèces ligneuses incontestablement spontanées dans les principales îles et d'origine continentale africaine; cinq appartiennent à la flore saharienne ou sahélienne *Acacia albida*, *Cailliea dichrostachys*, *Grewia corylifolia*, *Zizyphus Jujuba*, *Calotropis procera*; les fruits résistants des quatre premières peuvent flotter dans l'eau de mer et ont dû être apportées par les courants marins; le *Calotropis* a des graines aigrettées très légères que le vent N.-E. a pu transporter de Mauritanie à l'Archipel. Les quatre autres sont d'origine soudanaise ou guinéenne; ce sont les *Ficus capensis*, *F. gnaphalocarpa*, *Sarcostemma viminalis* et une autre liane Asclépiadée encore indéterminée. Les graines de *Ficus* ont pu être apportées par les oiseaux; celles des Asclépiadées sont aigrettées et ont pu être transportées par le vent.

Toutes ces espèces capverdiennes (sauf les halophytes, les espèces du fond des ravins au vent et celles d'origine saharienne) ont à lutter contre des conditions météorologiques adverses sévères : d'une part une aridité très grande pendant 9 mois (et certaines années il ne pleut même pas aux basses altitudes), enfin des vents très violents pendant une grande partie de l'année.

Les trois quarts au moins des plantes herbacées ou ligneuses ont été apportées par l'homme depuis les débuts de la colonisation. La découverte des îles remonte à 1456. Toutefois à Janela, près du lit de la Ribeira Penedo, à l'Île de São-Antão, nous avons découvert des inscriptions rupestres en caractères runiques montrant que les navigateurs normands ont visité l'île avant la colonisation portugaise. Certaines pierres énormes formant abris ne semblent pas non plus être en position naturelle. Il nous

paraît possible, comme l'a suggéré déjà Emm. Friedlaender, que ces îles aient été habitées aux temps préhistoriques par des hommes de l'âge des dolmens.

Les plantes importées et naturalisées comme mauvaises herbes sont d'origine africaine, américaine et indienne; un petit nombre est venu d'Europe. Elles se sont répandues, non seulement dans les villages et les cultures, mais certaines vivent aujourd'hui dans les sites les plus sauvages, jusqu'au sommet des montagnes et dans les ravins quasi inaccessibles, où elles ont été sans doute disséminées par les animaux. D'après Schmidt, les espèces végétales connues aux Iles du Cap Vert seraient au nombre d'environ 400. Nos recherches permettront probablement de doubler ce chiffre en y comprenant les espèces spontanées et les espèces introduites; parmi celles-ci plusieurs, déjà très répandues, ont été apportées depuis moins de cinquante ans.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Culture de Pommes de terre issues de graines, à Bagnères-de-Bigorre* (560^{m}). Note de M. **J. Bouget**, transmise par M. Julien Costantin.

Les semis ont été faits le 26 mai 1934 dans quatre bacs (40^{cm} de large $\times$ 30^{cm} de haut) en *terre vierge* des pâturages (terre maigre, en vue d'avoir une végétation réduite et courte).

Quatre variétés envoyées par M. Louis de Vilmorin ont été semées : *Bétula*, *Maréchal Franchet d'Esperey*, *Roode Industrie* (synonyme Industrie rouge), et *Quarantaine de la Halle*.

Chaque variété a été semée séparément. Le 25 juin, ces semis ont été éclaircis; on n'a laissé que deux pieds par variété. La végétation de ces Pommes de terre dans cette terre maigre a été rabougrie, courte, à entre-nœuds très petits. Le développement de la plus haute tige a été de 0^{m},35; les autres pieds avaient une moyenne d'une vingtaine de centimètres de haut. La moyenne du nombre des feuilles a été de 8 et celle des feuilles radicales de 5; les entre-nœuds séparant ces dernières feuilles ont eu de 8 à 10^{mm} de long. C'est de l'aisselle de ces feuilles que sont partis les stolons qui ont produit le nombre considérable des tubercules.

On a butté successivement chaque nœud d'une légère couche de *terre à Lycopode* (dont il sera question plus loin). On a fait autant de buttages successifs que de nœuds à la base (feuilles radicales) (4 à 5 en moyenne). Presque tous ces nœuds ont donné deux stolons.

Les tiges aériennes ont commencé à se flétrir et se dessécher vers le 8 septembre; les Pommes de terre se sont arrêtées de végéter par suite de la sécheresse. Un seul pied

de *Roode Industrie* a persisté jusqu'au 20 octobre, c'est lui qui a atteint 35cm et produit les plus gros tubercules.

Voici le tableau de la récolte à cette dernière date :

NOMBRE DE TUBERCULES RÉCOLTÉS (pour *deux pieds* de chaque variété).

	Tubercules			Tubercules	
	sains.	gâtés.		sains.	gâtés.
Betula	55	4	Roode Industrie	58	3
Maréchal Franchet d'Espérey	45	2	Quarantaine de la Halle	120	8

Cette nouvelle culture de plants en terre vierge diffère de celles entreprises en 1933 (¹) par des buttages successifs (4 à 5 buttages suivant le pied) d'une légère couche de terre de Lycopode.

Cette technique visait à forcer les plantes à produire le plus grand nombre de tubercules sans tenir compte de leur grosseur. *On en a obtenu 278 avec 8 pieds*, ce qui est très remarquable.

L'époque tardive de la réception des graines a entraîné un semis assez tardif; de plus, les plants ont souffert de la sécheresse pendant un séjour en Auvergne (les soins ayant fait défaut). Tout cela converge pour expliquer la petite taille des tubercules; mais ils sont bien vivants et, semés l'an prochain soit à Verrières-le-Buisson, soit à Bagnères-de-Bigorre (560m), soit au Peyras (1400m), ils donneront une nouvelle récolte très abondante à n'en pas douter.

Ces huit plants des quatre bacs n'ont eu que 105 *jours de végétation*. Ce n'est pas en une si brève période que l'on peut obtenir des Pommes de terre normales, en partant de graines.

Voici maintenant quelques renseignements sur les deux types de terre de montagne qui ont été employés dans cette expérience.

1° *Terre à Lycopode*. — Ce nom tient à la présence et à l'extension de cette plante sur le sol où cette terre a été prise. D'autres espèces s'y rencontrent d'ailleurs.

Voici, par ordre de fréquence, la liste des végétaux qui se rencontrent sur ce terrain. Les deux noms en capitales sont les espèces les plus importantes. Les noms en italiques sont moins importants, puis les espèces en caractères ordinaires. Les deux premières espèces (capitales) se rencontrent dans des stations limitées, localisées sur certains sols granitiques, ophitiques, schisteux, etc.

LYCOPODIUM CLAVATUM, BLECHNUM SPICANT.

Orchis bifolia, latifolia (variété de montagne), *odoratissimum*, *Nigritella augustifolia*, *Arnica moutana*, *Gentiana Burseri*, etc. Homogyne alpina, Gentiana

(¹) COSTANTIN, MAGROU, BOUGET et Mlle JAUDEL, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

lutea, Hypericum Burseri (var. androsæmifolium, endroits humides), Jasione perennis.

Cette terre a été extraite à l'altitude de 1500^m sur un versant nord. Cette altitude a été choisie de préférence pour la raison que le *Lycopodium clavatum*, plante prise ici comme *repère d'un sol spécial* (¹) a son optimum de végétation à cette altitude. Cette terre est riche en humus et se trouve sur le terrain dévonien du massif du Pic du Midi.

2° *Terre des pâturages.* — Végétation maigre et rabougrie, se rapproche de celle employée en 1933. On y trouve l'*Orobustuberosus* et beaucoup d'autres espèces (²). Elle a été aussi récoltée à l'altitude de 1500^m. Elle est plutôt argileuse, on peut l'appeler terre maigre ; elle a été tirée de la même partie du dévonien que la terre à Lycopode, mais elle est située sur le versant sud du même vallon.

En résumé, avant une étude cytologique, il serait bien prématuré de tirer une conclusion certaine de la présente étude; il n'en est pas moins établi que cette terre à Lycopode a un pouvoir tubérifère extraordinaire pour la Pomme de terre. Cela fait naître dans l'esprit l'hypothèse (à contrôler) que les champignons des Lycopodes peuvent s'associer à la Pomme de terre. C'est là une idée très nouvelle. On sait que le rôle symbiotique de ces champignons est admis par la grande majorité des botanistes et considéré comme notion classique.

On doit remarquer qu'il y a dans ce qui précède une technique de recherches qui permettra sans doute d'éclaircir beaucoup de faits obscurs des pratiques culturales employées par les horticulteurs qui savent très bien que, pour réussir l'élevage de certaines plantes, il faut employer de la fibre de Polypode (peat), du *Sphagnum* haché, de la terre de bruyère, etc.

(¹) Plantes accessoires : *Aquilegia Reuteri*, *Sinapis Cheiranthus*, *Lathyrus montanus*, *Gentiana acaulis* et *campestris*, *Hypericum montanum* et *Brunella grandiflora*. Quelques graminées : *Cynosurus cristatus*, *Agrostis vulgaris*. Cette station se trouve au milieu d'une belle végétation de Rhododendrons.

(²) Graminées dominantes (*Agrostis alba vulgaris*), *Festuca ovina* et *Poa pratensis*. Par ordre de fréquence décroissante : *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense*, *Ranunculus bulbosus*, *Bellis perennis*, *Brunella vulgaris*, *Leontodon proteiformis*, etc.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'alliance du Hêtre, ou Fagion, dans le Perche et le nord-ouest de la France*, Note de M. G. **Lemée**, présentée par M. Dangeard.

Parmi les associations silvatiques du nord-ouest de la France, et du Perche en particulier, se montre largement développée une association de l'alliance du Hêtre, ou *Fagion*, le *Querceto-Carpinetum*, qui présente dans le Perche, les caractéristiques suivantes : *Ranunculus auricomus* L., *Potentilla sterilis* L., *Pulmonaria ovalifolia* Rouy, *Primula elatior* Jacq., *Lathraea squamaria* L., *Carpinus Betulus* L., *Epipactis violacea* Dur.-Duq., *Endymion nutans* Dum.

A côté de ces espèces, nous avons observé les caractéristiques d'alliance suivantes :

Anemone nemorosa L., *Isopyrum thalitroïdes* L., *Actæa spicata* L., *Viola silvatica*, Fr., *Rosa arvensis* Huds., *Epilobium montanum* L., *Circæa lutetiana* L., *Sanicula europæa* L., *Asperula odorata* L., *Phyteuma spicatum* L., *Vinca Minor* L., *Veroinca montana* L., *Galeobdolon luteum* Huds., *Daphne Laureola* L., *D. Mezereum* L., *Mercurialis perennis* L., *Euphorbia dulcis* L., *E. amygdaloïdes* L., *Neottia Nidus-avis* Rich., *Polygonatum multiflorum* All., *Paris quadrifolia* L., *Allium ursinum* L., *Arum maculatum* L., *Carex silvatica* Huds., *Milium effusum* L., *Melica uniflora* Retz., *Fagus silvatica* L.

Parmi ces dernières, plusieurs sont liées plus particulièrement au *Fagetum* proprement dit, là où cette assiociation existe à côté du *Querceto-Carpinetum*. Mais le *Fagetum*, édaphique aussi bien que climatique, manque dans le Perche.

Le *Querceto-Carpinetum* est particulièrement bien développé sur les marnes cénomaniennes et les alluvions anciennes où il présente son maximum de richesse floristique. Dans cet état optimal, il comprend les strates suivantes : 1° une strate arborescente pouvant atteindre 20^m; 2° une strate arbustive supérieure, de 3 à 6^m, dont le développement est en rapport inverse de la précédente; 3° une strate arbustive inférieure riche et variée; 4° la strate herbacée généralement subcontinue; 5° la strate muscinale, d'abondance très inégale, constituée par les Mousses banales des bois mésophiles.

Nous avons observé, au sein de l'association, un climat local caractéristique et constant, sous la dépendance étroite des strates supérieures.

Le *profil pédologique*, également caractéristique, est constitué par : 1° les horizons de lessivage : A_0, formé par la litière; A_1, épais de 5^{cm} à 12^{cm}, très

riche en humus et en petites racines, de couleur brun noir; A_2, d'épaisseur très variable (au moins 20^{cm}), de teinte claire, grise ou jaunâtre, friable, aéré, assez riche en racines;

2° un horizon d'accumulation B, plus compact, plus dur, teinté en brun ou brun rouge, avec seulement de grosses racines;

3° le sous-sol C.

Selon la constitution géologique de ce sous-sol, on observe des variantes dans la composition floristique de l'association.

Sur les sols argileux humides de l'Oxfordien, on observe une variante hygrophile correspondant au *Querceto-Carpinetum Alnetosum* décrit par Klika en Bohême (¹), et à l'*Alneto* < *Carpinetum* d'Issler (²).

Dans les forêts qui couvrent les plateaux d'argile à silex, une variante acidiphile (pH = 5,0-5,5) se montre largement développée sous l'aspect de futaies jardinées et de taillis anciens de *Fagus silvatica* et *Quercus sessiliflora*, avec *Q. pedunculata* moins répandu, et *Carpinus* rare. La strate herbacée prend un aspect gramineux par l'abondance de *Melica uniflora* et *Milium effusum*, auxquelles s'ajoutent *Asperula odorata*, *Galeobdolon luteum* et *Oxalis acetosella*; ces cinq espèces forment le fond de la végétation et sont plus abondantes ici que partout ailleurs, bien qu'elles semblent indifférentes au pH du milieu, à l'exception de *Milium effusum* nettement acidiphile. Nous sommes en présence d'une sous-association très distincte, que nous appellerons *Querceto-Carpinetum Fagetosum*.

Cette sous-association partage l'étendue des forêts percheronnes avec le *Querceto-Betuletum* (Tüxen, 1930), climax climatique de ce territoire. Ce dernier occupe les surfaces où le sol est le plus acidifié et généralement plus sec. Ses caractéristiques pénètrent plus ou moins dans le *Querceto-Carpinetum*, en particulier *Ilex aquifolium*, *Hypericum pulchrum*, *Veronica officinalis*, *Teucrium Scorodonia* et des Muscinées acidiphiles. On observe ainsi une interpénétration des deux groupements avec évolution vers celui qui constitue le *climax*. Leurs rapports dynamiques, dont le sens est celui d'une acidification croissante, de règle sous notre climat humide, sont les suivants :

Querceto-Carpinetum typicum → *Q.-C. Fagetosum*
→ *Querceto-Betuletum Ilicetosum*.

En comparant le *Querceto-Carpinetum* du Perche et du nord-ouest de la

(¹) *Ann. Acad. Tchécosl. Agric.*, 7, 1932, p. 342.
(²) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 73, 1926 (paru en 1931), p. 77-82.

France avec celui qui a été décrit en Europe Centrale, nous y remarquons la présence d'espèces atlantiques qui manquent à ce dernier : *Conopodium denudatum*, *Doronicum plantagineum*, *Pulmonaria longifolia*, *P. ovalifolia*, *Endymion nutans*. Par contre, des espèces médio-européennes sont étrangères à notre domaine. Notre association se présente sous l'aspect d'une race atlantique : le *Querceto-Carpinetum atlanticum*.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Une théorie nouvelle sur le mécanisme des oxydo-réductions intracellulaires*. Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, transmise par M. d'Arsonval.

I. Dans quelques publications, de 1928 à 1933, nous avons montré qu'il est possible de faire apparaître le pouvoir oxydo-réducteur du chondriome dans les types cellulaires les plus variés du règne animal et du règne végétal, et cela aux diverses étapes de la vie cellulaire.

Parmi les procédés que nous avons décrits pour mettre en évidence cette qualité, certains permettent de constater son existence dans la cellule parfaitement vivante. La démonstration du pouvoir oxydo-réducteur du chondriome, établie par ces recherches, est indépendante de toute hypothèse sur la nature physique ou chimique des facteurs qui, dans le chondriome, peuvent être responsables de cette qualité. Ainsi, quel que soit l'état de nos connaissances sur la constitution du chondriome, son pouvoir de catalyse dans les oxydo-réductions reste un fait acquis. Une autre question se pose : pouvons-nous rattacher le pouvoir oxydo-réducteur du chondriome à certaines qualités physiques ou chimiques de cet élément?

II. Dans nos recherches de 1927, recherches tout à fait indépendantes de celles signalées plus haut, nous avons pu établir que le chondriome contient du glutathion. Cette substance était alors considérée comme un catalyseur d'oxydation, nous en avons déduit que le pouvoir oxydo-réducteur du chondriome était une conséquence de la présence du glutathion. Depuis cette époque, divers résultats ont montré que le mécanisme d'action du glutathion est plus complexe qu'on ne l'avait imaginé. Le glutathion est toujours considéré comme un catalyseur d'oxydo-réduction mais on ne peut expliquer son action sans l'aide d'un facteur complémentaire inconnu, capable, par son pouvoir réducteur, de ramener la forme inactive disulfure du glutathion à sa forme active thiol.

III. Pour expliquer le pouvoir oxydo-réducteur du chondriome, par la

présence du glutathion, nous nous heurtons aux mêmes difficultés que les auteurs en ce qui concerne le facteur complémentaire inconnu; toutefois le champ de nos hypothèses se trouve plus limité. Puisque, d'après les résultats indiqués au paragraphe I, le chondriome manifeste un pouvoir de catalyse dans les circonstances les plus diverses de la vie cellulaire, nous devons supposer que le facteur complémentaire indispensable est placé sur le chondriome. D'après nos observations, ce facteur est la vitamine A qui est un constituant du chondriome. Le terme vitamine A est pris dans son sens général (vitamine et provitamine).

Nous donnerons ailleurs le détail des recherches qui apportent les deux sortes de résultats ci-dessous : 1° dans les types cellulaires les plus variés, la vitamine A est un constituant du chondriome : tissus hépatiques (Chat, Pigeon, Lézard, Crapaud, Grenouille, Triton, Gardon, Brême, Sole, Plie, Congre); cellules de l'épithélium intestinal (Lézard, Titron, Sole, *Portunus depurator*, *Tenebrio molitor*, *Sepia officinalis*); cellules de la glande salivaire de *Chironomus:* Protozoaires (*Aggregata eberthi*, *Steinina ovalis*, *Gregarina cunaeta*, *G. polymorpha*); cellules de racines (Erable, Maïs); cellules du filet, de l'anthère, du pollen et diverses cellules de l'ovule (giroflée, pivoine); bractée (Iris); feuille et bourgeon (*Elodea canadensis*); épiderme de pétale (*Crinum Powelli*); cellules embryonnaires de gemmule, tigelle radicule (Haricot); Algues (*Zygnema pectinatum*); Champignons inférieurs, gamètes et filaments végétatifs (*Pythium de Baryanum*); Champignons supérieurs (*Saccharomycodes Luwigi*, *Nadsonia fulvescens*); 2° aux diverses étapes de la vie cellulaire, croissance et multiplication, le chondriome conserve son constituant vitamine A. Le facteur A est donc un constituant essentiel du chondriome au même titre que le glutathion. Le pouvoir réducteur de la vitamine A lui permet de jouer le rôle de facteur complémentaire du glutathion.

En résumé, nos recherches nous apportent deux catégories de résultats : 1° existence du pouvoir de catalyse d'oxydo-réduction du chondriome, 2° existence, dans le chondriome, du glutathion et de la vitamine A; nous en donnons l'interprétation suivante : *Le mécanisme de catalyse des oxydo-réductions intracellulaires s'effectue, au niveau du chondriome, par la collaboration de deux constituants de ce chondriome : la vitamine* A *et le glutathion.*

Tout changement dans la teneur ou dans les rapports normaux du système : vitamine A + glutathion entraîne des modifications dans la physicochimie cellulaire qui peuvent se traduire par des manifestations pathologiques variées, suivant les cellules touchées : troubles divers

d'avitaminose A chez les animaux, chlorose des plantes par insuffisance de glutathion, etc. Les oxydo-réductions étant des phénomènes fondamentaux de la vie cellulaire, leur importance croît avec l'activité de la cellule; c'est pour cela que les conséquences d'une perturbation dans le système vitamine A + glutathion apparaissent d'une façon particulièrement nette dans les tissus actifs.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Les modifications du chondriome des cellules de la tumeur de Flexner-Jobling du Rat albinos au cours de leur évolution.* Note de M. E. Grynfeltt, présentée par M. Charles Richet.

La tumeur de Flexner-Jobling du Rat albinos est constituée par des masses arrondies, bourgeonnantes et friables, dans lesquelles on peut distinguer par les méthodes histologiques courantes : 1° un cortex, formé de cordons épithéliaux à grosses cellules atypiques, où les mitoses sont fréquentes; c'est une zone *proliférative*, suivant un rythme accéléré; 2° une masse centrale, zone *dégénérative*, où les travées se disloquent, tandis que leurs cellules dégénérées vont se mêler aux éléments hémorragiques fournis par la rupture de larges capillaires sanguins très nombreux dans cette région.

Le chondriome, quelle que soit la méthode employée (Altmann, Régaud, Tupa, Benoît, Gough et Fulton), s'est toujours montré *exclusivement granuleux* dans les cellules de la zone proliférative. Ce sont des mitochondries très nettes, très colorables et uniformément réparties dans tout le corps cellulaire. Elles sont souvent groupées deux à deux, en « diplocoques ». Ce sont là très vraisemblablement des images de multiplication des chondriosomes par bipartition. Dans les cellules en mitose leur répartition est toujours homogène dans le cytoplasme.

Au fur et à mesure que la cellule dégénère, en gagnant vers la zone centrale, le chondriome se raréfie progressivement. Tout d'abord la raréfaction n'est peut-être qu'apparente : la cellule se gonfle par hydratation de l'hyaloplasme; les mitochondries se dispersent sans ordre, parfois aussi elles s'alignent en bordure des vacuoles plus développées. Cependant à un moment donné elles se colorent moins bien, se gonflent et souvent se vacuolisent. La chondriolyse est alors manifeste, et elle précède la caryolyse. Les noyaux en effet apparaissent gonflés et bosselés mais leurs divers éléments ont encore conservé leurs affinités chromatiques normales.

Quand les noyanx sont en chromolyse ou en pycnose, les chondriosomes ne sont plus décelables dans le corps cytoplasmique dégénéré.

Le chondriome n'est donc bien développé que pendant la *période proliférative* de la vie des cellules atypiques. Le fait qu'il est exclusivement granuleux, et que ces grains présentent de nombreuses figures de bipartition vient à l'appui de l'opinion soutenue autrefois par Dubreuil en 1912, que « la mitochondrie est la forme la plus apte à la multiplication des éléments du chondriome ». La cytologie des cellules normales fournit d'ailleurs de nombreux exemples à l'appui de cette assertion [chondriome des cellules sexuelles de la plupart des vertèbres supérieurs d'uprès les anciennes descriptions de Benda, d'après G. Hertwig (1), pendant la période de division].

Pendant la *période dégénérative*, le chondriome, toujours granuleux, disparaît progressivement par chondriolyse (gonflement-perte de colorabilité élective, et vésiculisation des mitochondries).

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 29 octobre 1934.)

Note de M. *J. Ellsworth*, Étude photométrique et nouveaux éléments du sytème double à éclipses U Cephei :

Page 835, ligne 11, *au lieu de* microscopiques, *lire* spectroscopiques ; ligne 26, *au lieu de* ellipsoïdale, la grande, *lire* ellipsoïdale la grande.

Page 836, ligne 2 du tableau, *au lieu de* Béflexion, *lire* Réflexion ; ligne 5, *au lieu de* muyenne, *lire* moyenne.

---

(1) *Handb. der mikr. Anat. der Menschen*, de von Möllendorff, 1, 1929, part. 1.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1934.

Sophus Lie Gesammelte Abhandlungen.

— *Geometrische Abhandlungen.* Erste Abteilung und. — *Anmerkungen zum Ersten Bande*, herausgegeben von FRIEDRICH ENGEL et POUL HEEGAARD. Leipzig, B. G. Teubner, et Oslo, H. Aschchoug et Cie, 1934; 2 vol. 24cm.

Descartes. Le discours de la méthode précédé d'une introduction par Émile Picard, de l'Académie française, et orné de bois gravé par Paul Baudier. Paris, Les Centraux bibliophiles, 1934; 1 vol. 28cm,5.

Association de magnétisme et électricité terrestres. *Comptes rendus de l'Assemblée de Lisbonne, 17-25 septembre 1933*, publiés par le Bureau central de l'Association par les soins de CH. MAURAIN et D. LA COUR. In *Bulletin* n° 9. Copenhague, Horsholm Bogtrykkeri, 1934; 1 vol. 25cm,5.

Die Krebs-Geschwulst eine Ausfallerscheinung im Organismus. Der Weg zur Krebsprophylaxe, par ERICH SIMONS. Luxemburg, Verlag der Hofbuchdruckerei Victor Buck, 1934.

Le gain certain par la méthode statistique appliquée à la roulette et au trente et quarante. Jeu à masse égale, par PIERRE D'AVESNES. Paris, Imprimerie A. I. C. I. A., s. d.; 1 vol. 27cm.

Mémoire pour servir à l'étude de la prospection sur plan, par L. FR. MOREAU. Congrès international de Radiesthésie, Lausanne, septembre 1934. Senlis, Imprimeries réunies, 1934; 1 fasc. 22cm.

Essai de calcul de la probabilité du succès dans les actions humaines, par MILOSSAV VASSILIEVITCH. Traduit de l'ouvrage serbe « Le gouvernement des entreprises ». Fascicule dactylographié. L'ouvrage en serbe est de l'édition Geca Kon, à Belgrade, 1933; 1 vol. 20cm.

The British Pharmaceutical Codex, 1934. London, The Pharmaceutical Press. 1 vol. 23cm.

Jubilee Commemoration Volume. Indian Mathematical Society. Trichinopoly, St. Joseph's Industrial School Press, 1934; 1 vol. 25cm.

Le globe terrestre en miniature. Synthèse de la cosmographie terrestre par le cosmogéosphère, par C. A. H. VINCENT. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 1934; 1 vol. 23cm.

Nomographie, par P. V. MELENTIEV (en langne russe). Moscou, 1933; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Résistance des matériaux et élasticité. Cours professé à l'École des Ponts et Chaussées, par GASTON PIGEAUD. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 2 vol. 25^{cm}.

Précis de géologie angevine, par OLIVIER COUFFON. Angers, Imprimerie centrale, 1934; 1 vol. 24^{cm}.

Nouveaux mécanismes de liaisons rotatives, par F. E. MYARD. Extrait du *Génie civil* du 15 septembre 1934. Paris, publication du journal *Le Génie civil,* 1934; 1 fasc. 23^{cm},5.

Ueber Carcinome, Sarcome und Lymphomatosis infiltrans bei weissen Mäusen. Versuche Menschlichen Cancer auf Versuchstiere zu Uebertragen, par JOHS. V. ANDERSEN, Kopenhagen, Levin und Munksgaard, 1934; 1 vol. 26^{cm},5.

Traité de climatologie biologique et médicale publié sous la direction de M. PIÉRY. Paris, Masson et Cie, 1934; 3 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

Acta Universitatis Patavinæ. Septima Saecularia Celebrantis, 1222-1922. Padova, Coi Tipi della Tipografia Antoniana. 1 vol. 30^{cm},5.

Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique, par GASTON BONNIER, t. XII, par ROBERT DOUIN. Paris, E. Orlhac, s. d.; 1 vol. 32^{cm}.

Remise de la Croix de la Légion d'honneur à l'École nationale des Ponts et Chaussées par M. le Président de la République, le 30 *juin* 1934. Mâcon, Protat frères; 1 fasc. 25^{cm},5.

Les Aphides de l'Orme et leurs migrations, par PAUL MARCHAL. Extrait des *Annales des Épiphyties,* n°s 4-5, juillet-octobre 1933. Sceaux, Marcel Bry; 1 vol. 27^{cm}.

Domaines fondamentaux des groupes fuchsiens et automorphes, par TH. GOT. In *Mémorial des sciences mathématiques,* fasc. 68. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Élie Cartan.)

Histoire naturelle des Coléoptères de France, par G. PORTEVIN, t. III. *Polyphaga: Heteromera, Phytophaga.* In *Encyclopédie entomologique,* Vol. XVII. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1934; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

IVe Congrès géologique international. XIVe Session, 1926. Publications faites sous la direction de M. J. MARCET RIBA.

— *Géologie de la Méditerranée occidentale :* Vol. II, 3e partie, n^{os} **15-17** *b*. Avril 1933; Vol. II, 4e partie, n^{os} **18-35**^{b}. Juin 1933. Barcelone, Verdaguer; Paris, A. Blanchard; 2 vol. 26^{cm}.

— Regió Volcanica Catalana Olot-Girona. *Expedició C-4 del XIVe Congres Geologic internacional. Acte Rememoratiu. Olot,* Pere Aubert, 1931; 1 fasc. 21^{cm}.

Association pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale.

— *Géologie des pays catalans,* Vol. III (1930-1934) : Première Partie, n° **1**; Troisième Partie, n^{os} **10, 12, 13, 16, 21**; Quatrième Partie, n° **2**; Cinquième Partie, n° **2**.

— *Géologie des chaînes Nord-Africaines.* Vol. V (1930-1934) : Première Partie, n^{os} **6, 10, 11**. Barcelone, Verdaguer; Paris, A. Blanchard; 11 fasc. 26^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 17 novembre 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Albert Caquot** pour occuper dans la Section de Mécanique la place vacante par le décès de M. *P. Vieille*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Albert Caquot** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'expression de la densité dans la nouvelle théorie du photon.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Nous avons proposé récemment [1] une nouvelle théorie du photon qui prend comme base l'équation d'ondes suivante :

$$(1) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\Phi}{\partial t} = \left(A_1\frac{\partial}{\partial x} + A_2\frac{\partial}{\partial y} + A_3\frac{\partial}{\partial z} + \varkappa\mu_0 c A_4\right)\Phi,$$

où μ_0 est la masse du photon et où l'on a $\varkappa = 2\pi i/h$.

Les A_k sont des matrices à 16 lignes et à 16 colonnes obtenues à partir des matrices α de la théorie de l'électron de Dirac par les formules

$$(2) \qquad (A_k)_{ij,lm} = \frac{1}{2}\left[(\alpha_k)_{il}\,\delta_{jm} - (-1)^k\,\delta_{il}(\alpha_k)_{jm}\right].$$

La question se pose de savoir quelle doit être l'expression de la densité dans

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 445. Dans cette Note la masse du photon est appelée $2\mu_0$.

cette théorie des photons, c'est-à-dire l'expression qui donnera la probabilité de la présence du photon rapportée à l'unité de volume.

On pourrait penser, en s'inspirant de la définition de la densité dans la théorie de Dirac, à prendre pour cette expression la forme $\sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2$. Mais cette définition ne semble pas acceptable parce que la quantité $\sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2$ ne se transforme pas comme la composante de temps d'un vecteur d'espace-temps, mais bien comme la composante d'indices 44 d'un tenseur du second rang.

On aurait, au contraire, une expression acceptable de la densité en posant

$$\rho = \sum_{ij} \Phi^*_{ij} A_4 \Phi_{ij}, \tag{3}$$

où l'astérisque désigne la quantité complexe conjuguée : cette expression est acceptable car la grandeur ainsi définie a bien le caractère d'une composante de temps. Nous allons montrer que la définition (3), si on l'adopte, conduit à une conséquence très intéressante.

Considérons en effet une onde plane monochromatique, solution de l'équation (1) : elle correspond à un mouvement rectiligne et uniforme du photon dans une certaine direction que nous prendrons comme axe des z.

En posant

$$\Delta = \frac{W}{c} + \mu_0 c, \qquad P = e^{\varkappa(Wt - pz)}, \tag{4}$$

W et p étant l'énergie et la quantité de mouvement liées par la relation relativiste

$$\frac{W^2}{c^2} = \mu_0^2 c^2 + p^2, \tag{5}$$

cette onde plane correspond aux 16 fonctions Φ_{ij} suivantes (*loc. cit*) :

$$(6)\quad \left\{ \begin{array}{l} \Phi_{11} = \Phi_{22} = \Phi_{33} = \Phi_{44} = \dfrac{pC_0}{\Delta} P, \\ \Phi_{24} = -\Phi_{13} = \dfrac{p^2 C_0}{\Delta^2} P, \qquad \Phi_{42} = -\Phi_{31} = C_0 P, \\ \Phi_{41} = -C_2 P, \qquad \Phi_{23} = \dfrac{p^2 C_2}{\Delta^2} P, \qquad \Phi_{43} = -\Phi_{21} = \dfrac{pC_2}{\Delta} P, \\ \Phi_{32} = C_1 P, \qquad \Phi_{14} = -\dfrac{p^2 C_1}{\Delta^2} P, \qquad \Phi_{34} = -\Phi_{12} = \dfrac{pC_1}{\Delta} P, \end{array} \right.$$

où C_0, C_1, C_2 sont trois constantes indépendantes.

On trouve alors aisément

(7) $$\sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2 = [2|C_0|^2 + |C_1|^2 + |C_2|^2]\left(1 + \frac{p^2}{\Delta^2}\right)^2,$$

puis

(8) $$\sum_{ij} \Phi_{ij}^* A_4 \Phi_{ij} = [2|C_0|^2 + |C_1|^2 + |C_2|^2]\left(1 - \frac{p^4}{\Delta^4}\right)$$

$$= \sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2 \frac{1 - \frac{p^2}{\Delta^2}}{1 + \frac{p^2}{\Delta^2}} = \sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2 \frac{\mu_0 c^2}{W}.$$

Donc, si l'on admet la définition (3), on peut écrire

(9) $$\rho = \sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2 \frac{\mu_0 c^2}{W} = \sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2 \frac{\mu_0 c^2}{h\nu},$$

ν étant la fréquence de l'onde Φ.

Nous savons comment on peut définir les champs électromagnétiques attachés au photon à partir de son onde Φ. Ces champs électromagnétiques correspondent à ceux de la théorie classique quand les deux conditions suivantes sont réalisées :

a. La constante C_0 peut être considérée comme nulle (ce qui revient à négliger les ondes longitudinales);

b. La vitesse du photon est si voisine de c que l'on peut négliger $\mu_0 c^2$ devant W.

Ces deux conditions sont certainement réalisées dans le cas des ondes lumineuses usuelles et les composantes des champs électromagnétiques ont alors les valeurs

(10) $$\left\{\begin{array}{lll} h_x = A\,(C_1 - C_2)P, & h_y = A\,i(C_1 + C_2)P, & h_z = 0, \\ H_x = A\,i(C_1 + C_2)P, & H_y = -A\,(C_1 - C_2)P, & H_z = 0, \end{array}\right.$$

A étant une constante dont il est inutile d'expliciter la valeur. On a donc

(11) $$\frac{1}{2}[|h|^2 + |H|^2] = 2A^2[|C_1|^2 + |C_2|^2].$$

En tenant compte de (7) et des conditions *a* et *b*, on trouve

(12) $$\frac{1}{2}[|h|^2 + |H|^2] \sim \sum_{ij} |\Phi_{ij}|^2,$$

où le signe $\sim$ signifie « proportionnel à ».

La relation (9) nous permet alors d'écrire

$$\frac{1}{2}[|h|^2+|H|^2] \sim \rho h\nu, \qquad (13)$$

formule très intéressante car elle montre que le premier membre peut être considéré comme mesurant la densité de l'énergie dans l'onde lumineuse, si toutefois l'on accepte la définition (3).

Le résultat que nous venons de démontrer nous paraît constituer une présomption en faveur de l'hypothèse exprimée par la formule (3). Sans pouvoir justifier directement cette hypothèse, nous voulons présenter encore deux remarques à son sujet.

D'abord il est intéressant de se demander pourquoi nous devons ici nous écarter de la définition de la densité par le carré du module de la fonction d'onde qui est usuelle en Mécanique ondulatoire. Il nous semble que la raison s'en trouve dans le modèle que nous adoptons pour le photon. Nous le considérons en effet comme formé par deux corpuscules complémentaires. Si ce couple de corpuscules n'était pas de cette nature très particulière, il faudrait six coordonnées de position pour définir le photon ; mais, d'après les hypothèses implicites sur lesquelles repose notre théorie, la liaison entre les deux corpuscules élémentaires est si étroite que l'on peut écrire une équation d'ondes, l'équation (1), où ne figurent que les coordonnées de l'unité « photon ». En écrivant cette équation, nous éliminons donc en quelque sorte trois coordonnées sur six et c'est au fond la raison pour laquelle nous ne pouvons conserver la forme usuelle de la densité.

D'autre part, pour voir plus clairement le sens de la relation (9), replaçons-nous dans le cas particulier de l'onde plane (6). Si nous nommons βc la vitesse du mouvement uniforme du photon associé à cette onde, le quotient $\mu_0 c^2/W$ dans la formule (9) peut s'écrire $\sqrt{1-\beta^2}$ d'après l'expression relativiste de l'énergie et n'est pas autre chose que le facteur exprimant la contraction de Lorentz pour le mouvement envisagé. Le facteur nouveau introduit dans l'expression de la densité par la définition (3) est donc relié à la contraction de Lorentz. Peut-être cette remarque pourrait-elle aider à préciser le véritable sens de la définition (3) et à la justifier.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Non-transmission au rat, par ingestion, du virus typhique historique contenu dans des poux infectés.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Paul Giroud**.

Si l'on adoptait l'opinion des auteurs qui supposent que le virus du typhus murin peut se transmettre du rat à l'homme et prendre, chez celui-ci, les caractères du virus typhique historique, ce dernier virus, simple modification occasionnelle du premier, devrait, pour accomplir le cycle entier, pouvoir repasser de l'homme au rat et y reprendre le caractère murin.

Hors les cas exceptionnels où le rat dévore des cadavres de typhiques et ceux, moins rares, où il se trouve souillé par les urines, inconstamment et peu virulentes de malades, ce retour ne serait guère admissible que par la pénétration du virus contenu dans les poux à travers la muqueuse digestive du rongeur.

Les rats sont friands d'insectes. Ils grignottent sans cesse leurs ectoparasites, en particulier les puces, et l'un de nous a pu, précisément, montrer avec J. Laigret, que le virus typhique murin, contenu dans les puces, traverse communément la muqueuse digestive des rats.

La rencontre de ceux-ci avec les poux est fréquente en milieu malpropre. Les poux foisonnent dans les linges et les nippes, abandonnés par les pouilleux. Il est aisé de se rendre compte que les rats dévorent les poux qu'on leur présente.

Nous avons cherché expérimentalement si le passage du virus historique, contenu dans les poux, pouvait se faire par ingestion de ces poux par les rats.

Première expérience. — *Sujet malade.* — Un indigène tunisien au 8e jour de sa fièvre. La réaction de Weil-Felix, négative chez lui le jour de l'expérience, est positive à 200, 11 jours plus tard.

Poux. — Le 2 juillet 1934, on place sur le malade deux boîtes contenant chacune une centaine de poux. Ceux-ci se gorgent pendant plus d'une heure.

Du 5 au 17 juillet, soit pendant 12 jours, ces poux sont nourris sur un sujet, vacciné contre le typhus par une atteinte naturelle antérieure. Le 7 juillet, il reste 70 poux vivants. Ils sont lavés dans l'eau physiologique, puis broyés, et le produit de broyage est donné à ingérer aux rats 1 et 2.

Rats 1 et 2, mis à jeun depuis la veille. Ils ingèrent le produit de broyage des poux, mélangé à du pain. On les maintient ensuite à jeun pendant 7 heures. Observés du 17



au 30 juillet, soit pendant 13 jours, ces rats n'ont pas présenté de fièvre. (Nous rappelons que le typhus historique est inapparent chez le rat.)

Le 30 juillet, on les sacrifie et le mélange de leurs cerveaux broyés est inoculé dans la cavité péritonéale des cobayes 99 et 1.

Cobayes 99 *et* 1. Ils n'ont présenté aucune fièvre. Éprouvés, un mois plus tard, avec le virus historique de passage, ils se sont infectés.

SECONDE EXPÉRIENCE. — *Sujet malade.* — Une femme indigène tunisienne au 3e jour de sa fièvre. La réaction de Weil-Felix, négative chez elle le même jour, a été positive à 200, 7 jours plus tard.

Poux. — Une boîte, contenant 150 poux environ, est placée sur le malade le 10 juillet. Ces poux se gorgent pendant une heure et demie.

Du 11 au 22 juillet, soit pendant 12 jours, ils sont nourris sur le même sujet vacciné contre le typhus. Le 22 juillet, il reste 80 poux vivants. On les lave dans l'eau physiologique, puis on les distribue, après broyage, entre les rats 2 et 3 (ingestion) et le cobaye 171 témoin qui en reçoit le quart environ dans la cavité péritonéale.

Cobaye 171 *témoin.* — Typhus fébrile classique de 5 jours de durée, après une incubation de 7 jours.

Rats 2 *et* 3. — La technique d'ingestion est la même que dans l'expérience précédente. Observés du 22 juillet au 3 août, c'est-à-dire pendant 13 jours, ces rats n'ont pas présenté de fièvre.

Le 3 août, on les sacrifie et le mélange de leurs cerveaux broyés est inoculé dans la cavité péritonéale des cobayes 3 et 5.

Cobayes 3 *et* 5. — Ils n'ont présenté aucune fièvre. Éprouvés, un mois plus tard, avec le virus historique de passage, ils ont contracté un typhus fébrile classique.

CONCLUSION. — Dans ces deux expériences, des rats, ayant ingéré des poux infectés du virus typhique historique, n'ont pas contracté le typhus.

La transmission naturelle du typhus historique aux rats à la suite de l'ingestion par ceux-ci de poux infectés en provenance de malades ne paraît donc point possible. Une des voies par lesquelles, dans l'hypothèse de l'identité des deux virus, le virus historique pourrait retourner de l'homme au rat et, sans doute, la plus probable (dans la même hypothèse) se montre donc inefficace pour la conservation naturelle du virus.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un cas de croisement fortuit de Haricot.* Note de M. **Lucien Daniel.**

Depuis plus de 30 ans je cultive exclusivement dans mon jardin, pour ma consommation personnelle, deux races de Haricots qui me donnent complète satisfaction. Ce sont : 1° le Haricot Princesse, mange-tout à rames, à fleurs blanches, à gousses vertes, droites, gaufrées à l'état sec et



présentant des étranglements entre les graines qui sont ovoïdes arrondies, de couleur blanc pur; 2° le Haricot Flageolet, nain, à parchemin, à fleurs blanches, à gousses vertes arquées, lisses, sans étranglements, de couleur blanc paille caractéristique à maturité, à graines aplaties, allongées, d'un vert plus ou moins accentué et passant au blanc à maturité complète. Chaque année, j'en sélectionne soigneusement les plus belles gousses et les plus belles graines, qui ont conservé jusqu'ici tous les caractères de chaque race.

En 1933, j'avais placé côte à côte une planche de ces deux types. Lors de la sélection des semences, je ne remarquai aucun changement chez le Flageolet tandis que, dans une gousse de Haricot Princesse, je rencontrai sept graines semblables, ovoïdes arrondies comme celles de la race pure, mais toutes panachées de la même manière de violet brun foncé sur un fond violet pâle. Le 6 juin 1934, j'ai semé isolément ces sept graines et j'ai pris les précautions utilisées en pareil cas pour assurer au moment voulu l'autofécondation des fleurs de chaque individu, de façon à continuer l'étude de l'hérédité. Toutes les graines germèrent bien qu'avec des différences de précocité. A cette première génération, les divers types qu'elles fournirent furent tous dissemblables comme caractères et différèrent non seulement entre eux mais encore des Haricots Princesse et Flageolet. Ils ne rappelaient pas davantage une autre race de Haricots cultivés dans les jardins du voisinage.

Ainsi tous étaient nains comme le Flageolet, mais leur taille n'était cependant pas la même. Les ramifications des tiges et surtout celles des inflorescences n'étaient pas semblables, ce qui donnait à chaque individu un port particulier. Les fleurs de deux pieds étaient colorées en violet, foncé chez l'un, pâle chez l'autre. Un troisième possédait des fleurs d'un jaune sale; les quatre derniers avaient des fleurs entièrement blanches.

Chez les individus à fleur violacée, la gousse, au lieu d'atteindre 11 à 13^{cm} de long comme chez les Haricots Princesse et Flageolets, était longue de 15 à 17^{cm}, plus arquée que chez le Flageolet; la suture ventrale, très large et très verte, constituait un véritable caractère renforcé comme les précédents, par rapport à ceux correspondant chez les races parentes. Les gousses, très tendres et d'excellente qualité, se marbrèrent de violet brun plus ou moins foncé. Le plus fertile des deux fournit 18 gousses contenant 71 graines, allongées et plates, et panachées exactement comme la graine qui avait donné naissance à ces deux individus. Le second n'eut que 4 gousses, avec un total de 11 graines semblables en tout à celles du premier.

Le type à fleurs jaune sale s'est montré le plus tardif de tous. Ses feuilles étaient encores bien vertes quand celles des autres étaient tombées ou avaient pris leurs teintes d'automne. Peu fertile, il fleurit tard, par la sécheresse; ses gousses avortèrent sauf trois dans lesquelles se trouvaient au total 8 graines, larges et panachées de gris sale sur un fond plus pâle. Les gousses, aplaties, parcheminées assez fortement et de bonne heure, prirent finalement une teinte beurre pâle.

Les quatre individus à fleurs blanches présentaient eux-mêmes entre eux des différences plus ou moins prononcées bien qu'ils fussent plus voisins entre eux que les trois premiers. Ils se rapprochaient plus du Flageolet que du Haricot Princesse. L'un d'eux fut précoce; un autre, tardif; les deux autres étaient sous ce rapport intermédiaires entre les premiers. La longueur des gousses était de 13 à 15^{cm}; l'arcure, plus prononcée que chez le Flageolet. La couleur des graines, plates et plus ou moins longues, était d'un vert stable chez l'un; elle était vert pâle chez deux autres et entièrement blanche chez le dernier.

La fertilité de ces quatre individus ne présenta pas de très grands écarts. Le premier produisit 6 gousses contenant 20 graines au total; le second, 5 gousses avec 20 graines; le troisième, 5 gousses renfermant 19 graines plus grosses que chez le Flageolet; le dernier, 3 gousses avec 16 graines plus petites et de maturation précoce. A maturité, les gousses de ces quatre pieds prirent nettement l'aspect et la couleur gris paille des gousses du Flageolet, bien qu'à des degrés divers.

De ces résultats, on peut tirer les conclusions suivantes : 1° il s'est produit des croisements fortuits entre 7 grains de pollen différents du Flageolet et 7 ovules différents du Haricot Princesse qui ont abouti à la formation de 7 hybrides différents en quelque point; 2° aucune de ces 7 symbioses sexuelles ne s'est conformée complètement au schéma mendélien et chacune d'elles s'est comportée d'une façon particulière au point de vue de l'hérédité dès la première génération.

M. **Élie Cartan** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *La méthode du repère mobile, la théorie des groupes continus et les espaces généralisés* (Actualités scientifiques et industrielles, 194).

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la Chaire de Chauffage industriel vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la première ligne M. *M. Véron* obtient 41 suffrages contre 1 à M. *J. Boizard de Guise*.

Pour la seconde ligne M. *J. Boizard de Guise* obtient 21 suffrages; il y a 17 bulletins blancs et 2 bulletins nuls.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne........ M. **Marcel Véron**.
En seconde ligne......... M. **Jacques Boizard de Guise**.

Dans la formation d'une liste de trois candidats à la Chaire de Céramique, verrerie, chaux et ciments, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la première ligne M. *H. Lafuma* obtient 41 suffrages contre 2 à M. *P. Brémond;* il y a 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne M. *P. Brémond* obtient 33 suffrages; il y a 6 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

Pour la troisième ligne M. *L. Chassevent* réunit l'unanimité des suffrages.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Henri Lafuma**.
En seconde ligne................ M. **Pierre Brémond**.
En troisième ligne............... M. **Louis Chassevent**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Petites planètes. Tables de coordonnées héliocentriques et données concernant les oppositions, par G. Fayet.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La distribution finale des valeurs voisines de la médiane.* Note (¹) de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Hadamard.

Pour une distribution initiale $w(x)$ et pour N observations, les distributions de la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en haut et d'en bas sont (²)

$$(1)\quad \begin{cases} \mathfrak{w}_m(x) = \binom{N}{m} m W^{N-m}(1-W)^{m-1} w(x), \\ {}_m\mathfrak{w}(x) = \binom{N}{m} m(1-W)^{N-m} W^{m-1} w(x). \end{cases}$$

Introduisons $m = Np$, $N - m = Nq$. Les dominantes $\tilde{u}_m$ et ${}_m\tilde{u}$ des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs sont les racines de

$$(2)\quad \frac{Nq}{W} w - \frac{Np-1}{1-W} w + \frac{w'}{w} = 0, \qquad \frac{Nq}{1-W} w - \frac{Np-1}{W} w - \frac{w'}{w} = 0.$$

Pour la distribution exponentielle $w(x) = 2e^{-1}e^{-|x|}$, ces équations conduisent à

$$(3)\quad W(\tilde{u}_m) = q = 1 - W({}_m\tilde{u}).$$

La médiane $\tilde{x}$ d'une distribution initiale étant définie par $W = 1/2$, on appelle les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs telles que $p \approx 1/2 \approx q$ *voisines de la médiane*. Pour une distribution initiale, telle que la médiane ne soit pas trop éloignée de la dominante, les troisièmes termes dans (2) peuvent être négligés par rapport aux deux autres (³). Donc les dominantes des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs voisines de la médiane, données par

$$(4)\quad W(\tilde{u}_m) = q\frac{N}{N-1} = 1 - W({}_m\tilde{u})$$

dérivent, pour des valeurs suffisamment grandes de N, des équations (3) valables pour les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs extrêmes.

La densité de probabilité des dominantes sera déduite pour N suffisam-

---

(¹) Séance du 12 novembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 965.

(³) Je profite de cette occasion pour remercier M. Eyraud de ses conseils précieux.

ment grand par

$$(5)\qquad \frac{\mathfrak{w}_m(\tilde{u}_m)}{w(\tilde{u}_m)} = \sqrt{\frac{N}{2\pi pq}} = \frac{{}_m\mathfrak{w}({}_m\tilde{u})}{w({}_m\tilde{u})}.$$

Pour la distribution initiale de Gauss, M. Haag ([1]) a prouvé que la distribution finale des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs voisines de la médiane est Gaussienne. On peut étendre aisément ce théorème. Posons pour les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs

$$(6)\qquad W(x) = q + y_m; \qquad W(x) = p - {}_m y,$$

et l'on obtient, d'après (1),

$$\mathfrak{w}_m(x)\,dx = \frac{\mathfrak{w}_m(\tilde{u}_m)}{w(\tilde{u}_m)}\left(1 \pm \frac{y}{q}\right)^{Nq}\left(1 \mp \frac{y}{p}\right)^{Np-1} dy = {}_m\mathfrak{w}(x)\,dx.$$

Les signes supérieurs (inférieurs) valent pour l'équation gauche (droite) avec l'indice m à la variable y à droite (gauche). Le développement usuel du produit en y mène, d'après (5), aux distributions

$$(7)\qquad \mathfrak{w}_m(x)\,dx = \sqrt{\frac{N}{2\pi pq}}\,e^{-\frac{Ny^2}{2qp}}\,dy = {}_m\mathfrak{w}(x)\,dx.$$

La condition énoncée plus haut permet de poser

$$(8)\qquad W(x) \approx \frac{1}{2} + (x - \tilde{x})\,w(\tilde{x}).$$

Les variables transformées seront

$$y_m = w(\tilde{x})\left[x - \tilde{x} \mp \frac{q-p}{2w(\tilde{x})}\right] = {}_m y.$$

Il en résulte : Les distributions finales des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs voisines de la médiane d'une distribution initiale satisfaisant à (8) sont Gaussiennes ayant en accord avec (3) l'espérance mathématique et l'écart type

$$(9)\qquad \bar{u}_m = \tilde{x} \pm \frac{q-p}{2w(\tilde{x})} = {}_m\bar{u}; \qquad \sigma_m = \frac{1}{w(\tilde{x})}\sqrt{\frac{pq}{N}} = {}_m\sigma.$$

La différence entre les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs d'en haut et d'en bas aura une distribution Gaussienne avec l'espérance mathématique et l'écart type

$$\bar{u}_m - {}_m\bar{u} = \frac{q-p}{w(\tilde{x})}; \qquad \sigma_\Delta = \frac{1}{w(\tilde{x})}\sqrt{\frac{2pq}{N}}.$$

([1]) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1388; E. Borel, *Traité du calcul des probabilités et de ses applications*, **4**, 1; J. Haag, *Applications au tir*, Paris, 1926.

Pour la médiane, qui, dans le sens ordinaire, n'est définie que pour N impair, il faut choisir une valeur $\tilde{m}$ telle que $N = 2\tilde{m} - 1$, c'est-à-dire $p = 1/2 + 1/N$. Pour des valeurs suffisamment grandes, on obtient une distribution de Gauss ayant, d'après (9), l'écart type

$$\sigma_{\tilde{m}} = \frac{1}{2\mathfrak{w}(\tilde{x})\sqrt{N}} < \sigma_m. \tag{10}$$

La condition (8) a lieu pour la distribution initiale de Gauss. Donc elle se reproduit pour la $m^{\text{ième}}$ valeur, voisine de la médiane.

Mais on ne peut pas étendre ces résultats au delà de $m \approx N/2$. Car, comme la distribution de Bernoulli, les distributions des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs mènent pour $N \to \infty$ à deux limites. Pour les valeurs extrêmes, où $p \to 0$, ou $q \to 0$, et $W \to 1$ ou $W \to 0$, le procédé antérieur [1], parallèle à la déduction de Poisson, mène à une distribution doublement exponentielle. Pour les valeurs voisines de la médiane, où $p \approx q$ et $W \to q$ ou $W \to p$, on revient à la distribution de Gauss.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des deux facteurs de Spearman.* Note de M. G. **Darmois**, présentée par M. Émile Borel.

Dans le but d'expliquer les liaisons qui existent entre les différentes aptitudes mentales, Spearman a proposé en 1904 sa théorie dite des deux facteurs. Après les très nombreux travaux qu'elle a suscités, un exposé d'ensemble a été fait par Spearman dans son ouvrage *Abilities of man* (1927). On peut donner à la théorie la forme suivante.

De nombreuses aptitudes mentales peuvent être considérées comme résultant d'une combinaison (linéaire) de deux facteurs (indépendants). L'un de ces facteurs est commun à toutes les aptitudes du groupe, l'autre facteur, dit spécifique, est particulier à chaque aptitude. Les facteurs spécifiques sont indépendants.

Si, dans un groupe de n aptitudes, on fait correspondre à chacune la grandeur x_i, on doit avoir

$$x_i = m_i g + s_i \tag{I}$$

les m_i étant des constantes, g le facteur commun, s_i le facteur spécifique. On considère donc que, dans la population étudiée, à chaque individu se

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1082 et 1381.

trouvent attachées n grandeurs x_i, $n+1$ grandeurs g et s_i. Ces dernières grandeurs sont indépendantes. La loi de probabilité à g constant, par exemple, est la même que la loi *a priori*. On a consacré à cette théorie de nombreux travaux mathématiques dont nous serons amenés à comparer les résultats. Nous indiquons en note (¹) les principaux. La méthode naturelle nous paraît indiquée par la théorie des probabilités. En effet, pour vérifier la structure, proposée par Spearman, de la loi de probabilité de $x_1 x_2 \ldots x_n$, il suffit de démontrer que la fonction caractéristique de cette loi à la forme

$$\text{(II)} \qquad \Gamma = \mathrm{E}[e^{i(u_1 x_1 + \ldots + u_n x_n)}] = \Phi[m_1 u_1 + \ldots + m_n u_n]\varphi_1(u_1)\ldots\varphi_n(u_n),$$

Si la loi de probabilité de $x_1, x_2, \ldots, x_n$ est connue, il existe ou non une identité de la forme (II), et il ne peut en exister qu'une (à un changement près d'origine pour les g, s_i).

On peut dire que si le problème est possible, il n'a qu'une solution; les lois des probabilités des variables g, s_i seront connues. La loi de probabilité des x_i sera reconstruite à partir de $n+1$ variables indépendantes suivant des lois connues. Mais si chaque groupe $x_1, x_2, \ldots, x_n$ peut être considéré comme déduit par les formules (I) des g, s_i, il est clair que la donnée des x_i ne détermine nullement ces variables composantes. Elle les astreint seulement à suivre une loi de probabilité particulière, celle de la sous-population où le groupe des x_i est fixé.

En particulier, le facteur g, pour $x_1, x_2, \ldots, x_n$ donnés, suit une certaine loi de probabilité liée, dont on peut dire qu'elle est l'élément essentiel de la théorie, puisqu'elle répond à cette question :

Que peut-on dire du facteur général d'un individu quand on connaît les aptitudes $x_1, x_2, \ldots, x_n$?

Le problème dans la réalité. — On ne connaît que les mesures $x_1, x_2, \ldots, x_n$ faites sur une population assez étendue. On ne peut qu'estimer certains paramètres de la loi de probabilité. On s'est borné aux moments du premier et du deuxième ordre, moyennes, dispersions, coefficients de corrélation, qui présentent déjà quelques difficultés et incertitudes.

(¹) J. C. M. Garnett, *Proc. Roy. Soc.*, A, **96**, 1919, p. 91; *Nature*, **132**, 1933, p. 676; C. Spearman, *Proc. Roy. Soc.*, A, **101**, 1922, p. 94; E. B. Wilson, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **14**, 1928, p. 283; H. B. Heywood, *Proc. Roy. Soc.*, A, **134**, 1931, p. 486; H. T. H. Piaggo, *Mathematical Gazette*, **17**, n° **232**, 1933, p. 40; J. O. Irwin, *Brit. J. Psych.*, **23**, 1933, p. 373.

L'attention s'est donc portée d'abord sur les conditions nécessaires, résultant de (II) et qui s'imposent au moment du deuxième ordre. Posons

$$E(g)=E(S_i)=E(x_i)=0, \qquad E(g^2)=1, \qquad E(S_i^2)=\lambda_i^2.$$

On a les conditions nécessaires

$$\text{(II')} \qquad E[u_1x_1+\ldots+u_nx_n]^2=\lambda_1 u_1^2+\ldots+\lambda_n^2 u_n^2+[m_1u_1+\ldots+m_nu_n]^2.$$

On en déduit que si C_{ik} désigne $E(x_ix_k)$, on a $C_{ik}=m_im_k$ et

$$\text{(III)} \qquad C_{ik}C_{hl}-C_{ih}C_{kl}=0.$$

Les conditions (III) peuvent être soumises à vérifications. On voit aisément qu'elles entraînent pour C_{ik} la forme m_im_k ou $-m_im_k$, et que la première forme assure l'identité (II') si le plus petit des λ_i^2 qui en résulte est positif. La forme $-m_im_k$ ne fournit pas d'identité (II').

La condition (II') n'est évidemment pas suffisante en général, puisqu'elle suppose seulement que les coefficients de corrélation de g, s_i sont nuls, sans que ces variables soient indépendantes. Elle est suffisante si les g, s_i suivent des lois de Gauss.

Signification de (II'). — Si l'on considère des variables g, S_i astreintes aux conditions déjà écrites, telles de plus que leurs coefficients de corrélation soient nuls, les formules (I) définissent une loi de probabilité qui a les mêmes moments du premier et du deuxième ordre que la loi $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Pourrait-on aller plus loin et prolonger la loi à $n+1$ variables g, s_i de manière à obtenir rigoureusement la loi des x_i.

La chose est possible d'une infinité de manières. Ce qui nous intéresse surtout est la loi de probabilité liée de g, connaissant $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

On peut, d'une infinité de manières, choisir cette loi liée de façon que les coefficients de corrélation de g avec $x_1, x_2, \ldots, x_n$ soient connus.

La surface de régression de g en $x_1, x_2, \ldots, x_n$, tout en étant arbitraire dans une large mesure, a cependant pour hyperplan moyen (au sens des moindres carrés) un hyperplan déterminé.

D'autre part, si les écarts types liés de g comportent aussi une large part d'arbitraire, la valeur moyenne du carré de la distance à l'hyperplan moyen a une valeur déterminée $1-R^2$.

L'emploi des seuls moments du deuxième ordre astreint donc la loi liée de g à deux conditions qui permettent des estimations (valables en moyenne) de la moyenne liée et de l'erreur possible.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation de la fonction qui est donnée par son développement en série de Dirichlet.* Note de MM. **J. R. Braïtzeff**, présentée par M. Hadamard.

Soit donnée la série de Dirichlet

(1) $$f(s)=\sum_{0}^{\infty} a_n e^{-s\lambda_n} \qquad (\lambda_n > 0,\ \lambda_{n+1} > \lambda_n,\ \lim_{n\to\infty} \lambda_n = \infty);$$

(1') $$\overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[\lambda_n]{|a_n|} = \frac{1}{R} \qquad (R \geqq 1).$$

Construisons l'étoile principale A [1] de Mittag-Leffler relative à la relation (1).

En posant $e^{-s}=z$, $s=\log 1/z$, nous avons

$$\Theta(z)=\sum_{0}^{\infty} a_n z^{\lambda_n}.$$

Au plan de la variable complexe s correspond ici une surface R de Riemann à une infinité de feuillets relative à la fonction $\log z$ et à l'étoile A, une autre étoile A' (*loc. cit.*, p. 85).

Considérons la série

(3) $$F_\alpha(x, z)=\sum_{1}^{\infty} x^n n\, e^{-n} \psi_\alpha(n^\alpha z);$$

(3') $$\psi_\alpha(n^\alpha z)=\sum_{0}^{\infty} \frac{a_q (n^\alpha z)^{\lambda_q}}{\Gamma(\alpha\lambda_q + 2)},$$

z étant un point déterminé qui est situé quelque part à l'intérieur de l'étoile A' et α est quelque quantité contenue dans l'intervalle $0 < \alpha \leqq 1$.

On démontre, de même que dans notre Mémoire cité (p. 88), que la série à double entrée

(4) $$\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{t=0}^{\infty} x^n n\, e^{-n} \frac{a_t n^{\alpha\lambda_t} z^{\lambda_t}}{\Gamma(\alpha\lambda_t + 2)}$$

converge absolument à la condition que $|x| < e^{-\beta}$, où β est un nombre positif.

---

(1) Voyez mon Mémoire : *Mathem. Ann.*, **109**, 1, 1933, p. 84.

Nous avons donc

$$(5) \qquad F_\alpha(x, z) = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{a_t z^{\lambda_t}}{\Gamma(\alpha\lambda_t + 2)} \sum_{1}^{\infty} n^{\alpha\lambda_t}(e^{-1}x)^n.$$

En se servant de la formule connue (*loc. cit.*, p. 88) :

$$(6) \qquad \sum_{1}^{\infty} n^{\alpha\lambda_t}(e^{-1}x)^n = \Gamma(\alpha\lambda_t + 2) \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\left(\log\frac{e}{x} + 2k\pi i\right)^{\alpha\lambda_t+2}},$$

on obtient

$$(7) \qquad F_\alpha(x, z) = \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\left(1 + \log\frac{1}{x} + 2k\pi i\right)^2} \theta\left[\frac{z}{\left(1 + \log\frac{1}{x} + 2k\pi i\right)^{\alpha\lambda_t+2}}\right].$$

Par les procédés exposés par nous dans le Mémoire cité, on démontre, en se servant de la formule (7), qu'il existe une relation simple entre les points ξ et η des fonctions correspondantes $\theta(z)$ et $F_\alpha(x, z)$,

$$(8) \qquad \eta = \exp.\left[1 - \left(\frac{z}{\xi}\right)^{\frac{1}{\alpha}}\right].$$

Le point $x = 1$ reste un point simple de la fonction $F_\alpha(x, z)$ si z est situé à l'intérieur du domaine A′ ou s'il coïncide avec un point quelconque de sa borne, excepté un point singulier de la fonction $\theta(z)$.

Soit $z = \rho e^{\varphi i}$. On conclut de l'expression (8) que si

$$(9) \qquad \rho^{\frac{1}{\alpha}} \cos\frac{\varphi - \vartheta}{\alpha} < |\xi|^{\frac{1}{\alpha}},$$

c'est-à-dire si z est situé à l'intérieur de l'étoile $B^{(\alpha)}$ de Mittag-Leffler relative à la fonction $\theta(z)$, le point $x = 1$ est contenu à l'intérieur du cercle de convergence de la série (3) et la série

$$(10) \qquad F_\alpha(1, z) = \sum_{1}^{\infty} n e^{-n} \psi_\alpha(n^\alpha z)$$

est donc convergente.

Supposons que z est un point quelconque intérieur au domaine $B^{(\alpha)}$. On déduit facilement de la formule (7), pour la fonction $\theta(z)$, l'expression analytique

$$(11) \qquad \theta(z) = \Delta \lim_{\alpha \to 0} F_\alpha(1, z),$$

$$(11') \qquad \frac{1}{\Delta} = \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1 + 2k\pi i)^\alpha}.$$

Cette formule a lieu à l'intérieur du domaine A' de la surface R. En revenant à la variable s, nous avons la représentation de la fonction $f(s)$

$$f(s) = \Delta \lim_{\alpha \to 0} \sum_{1}^{\infty} n e^{-n} \psi_\alpha (n^\alpha e^{-s}), \tag{12}$$

à l'intérieur de l'étoile principale A.

La méthode exposée peut être appliquée à quelques autres expressions analytiques : à l'intégrale de Stieltjès

$$\varphi(s) = \int_0^\infty e^{-st} f(t)\, d\alpha(t), \tag{13}$$

aux séries de facultés, etc.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence en moyenne quadratique.* Note ([1]) de M. **Pierre Bergeot**, présentée par M. Émile Borel.

Nous donnons quelques résultats sur la corrélation existant entre la convergence en moyenne quadratique et la convergence uniforme :

Théorème I. — *Soit sur un segment* (a, b) : 1° *une fonction* $f(x)$ *de carré sommable* (L) ([2]); 2° *un système complet de fonctions continues* $\varphi_n(x)$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ *orthonormées;* 3° *une suite de fonctions* $\Phi_n(x) = \sum_{i=0}^{i=n} a_i^{(n)} \varphi_i(x)$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ *convergente en moyenne quadratique vers la fonction* $f(x)$ (*nous désignons par* η_n^2 *l'écart quadratique moyen*). *Si, sur un segment* (α, β) *tel que* $a \leqq \alpha < \beta \leqq b$, $f(x)$ *est développable en série uniformément convergente de fonctions* $\varphi_n(x)$, *série obtenue selon le procédé de Fourier, si nous désignons par* $M_{(\alpha,\beta)}^{(n)}$ *le maximum sur* (α, β) *de* $\sqrt{\sum_{i=0}^{i=n} \varphi_i^2(x)}$, *et si étant donné arbitrairement un nombre positif* ε *on peut trouver un entier positif* N *tel que pour tout entier* $n > N$ *on ait* $\eta_n \times M_{(\alpha,\beta)}^{(n)} < \varepsilon$, *alors la suite des fonctions* $\Phi_n(x)$ *converge uniformément vers* $f(x)$ *sur* (α, β).

Désignons en général par la notation $[F(x)]_n$ le développement d'ordre n d'une fonction $F(x)$ en série de fonctions $\varphi_n(x)$ obtenue suivant le procédé

([1]) Séance du 19 novembre 1934.

([2]) Au sens de Lebesgue.

de Fourier. Posant $R_n(x) = f(x) - \Phi_n(x)$, on a

$$[R_n(x)]_n = [f(x)]_n - \Phi_n(x), \qquad \text{car} \qquad [\Phi_n(x)]_n = \Phi_n(x),$$

d'où

(1) $$|f(x) - \Phi_n(x)| \leqq |[R_n(x)]_n| + |f(x) - [f(x)]_n|.$$

Or

$$[R_n(x)]_n = \sum_{i=0}^{i=n} \lambda_i^{(n)} \varphi_i(x) \qquad \text{avec} \qquad \lambda_i^{(n)} = \int_a^b [f(x) - \Phi_n(x)]\, \varphi_i(x)\, dx,$$

d'où

$$|[R_n(x)]_n| \leqq \sqrt{\sum_{i=0}^{i=n} [\lambda_i^{(n)}]^2} \times \sqrt{\sum_{i=0}^{i=n} \varphi_i^2(x)}.$$

Compte tenu de (1) et de l'inégalité évidente

$$\sum_{i=0}^{i=n} [\lambda_i^{(n)}]^2 \leqq \int_a^b [f(x) - \Phi_n(x)]^2\, dx = \eta_n^2.$$

on a

(2) $$|f(x) - \Phi_n(x)| \leqq \eta_n \times \sqrt{\sum_{i=0}^{i=n} \varphi_i^2(x)} + |f(x) - [f(x)]_n|.$$

De (2) on déduit immédiatement le théorème énoncé.

Ce théorème conduit aux résultats suivants :

Théorème II. — *Soit sur un segment* $(-1, +1)$: 1° *Une fonction* $f(x)$ *de carré sommable* (L); 2° *Une suite de polynomes* $Q_n(x)$, (*n indiquant le degré*) *convergente en moyenne quadratique vers* $f(x)$; *soit* η_n^2 *l'écart quadratique moyen.*

A. *Si* $f(x)$ *est développable en série uniformément convergente de polynomes de Legendre sur* $(-1, +1)$ *et si étant donné arbitrairement le nombre positif* ε *on peut trouver l'entier positif* N *tel que pour tout entier positif* $n > N$ *on ait* $n\eta_n < \varepsilon$, *alors la suite des polynomes* $Q_n(x)$ *converge uniformément vers* $f(x)$ *sur le segment* $(-1, +1)$.

B. *Si* $f(x)$ *est développable en série uniformément convergente de polynomes de Legendre sur le segment* (α, β), $(-1 < \alpha < \beta < +1)$, *et si étant donné* ε *on peut trouver* N *tel que pour tout* $n > N$ *on ait*

$$\eta_n \sqrt{1 + \frac{K}{1 - \mu^2}\, n} < \varepsilon,$$

où K *est une constante absolue et où* $1-\mu^2$ *est le plus petit des nombres fixes* $1-\alpha^2$, $1-\beta^2$, *alors les polynomes* $Q_n(x)$ *forment une suite uniformément convergente vers* $f(x)$ *sur le segment* (α, β).

Prenons, en effet, pour fonction $\varphi_n(x)$ du théorème I les polynomes de Legendre normés $\overline{P_n(x)}$. Pour la partie A du théorème II, on voit que la fonction $Q_n(x)$, telle que $Q_n(x)=[Q_n(x)]_n$, est substituée à la fonction $\Phi_n(x)$ du théorème I. En outre, pour $-1 \leqq x \leqq +1$, on a

$$|\overline{P_j(x)}| \leqq \sqrt{\frac{2j+1}{2}}, \qquad \text{d'où} \qquad [M^{(n)}_{(-1,+1)}]^2 \leqq \frac{(n+1)^2}{2}.$$

Pour la partie B, x étant pris à l'intérieur de $(-1, +1)$, on a, d'après une formule connue, pour le polynome de Legendre (non normé) $X_j(x)$,

$$|X_j(x)| < \frac{h}{\sqrt{j}\sqrt{1-x^2}}, \qquad \text{d'où, pour } \alpha \leqq x \leqq \beta, \qquad |\overline{P_j(x)}| < \frac{h}{\sqrt{1-\mu^2}}\sqrt{\frac{2j+1}{2j}},$$

h étant une constante absolue. On en déduit

$$[M^{(n)}_{(\alpha,\beta)}]^2 < \frac{1}{2} + \frac{h^2}{1-\mu^2}\left(n+\frac{n}{2}\right).$$

Une combinaison simple du théorème I et de la partie A du théorème II permet d'énoncer le corollaire suivant :

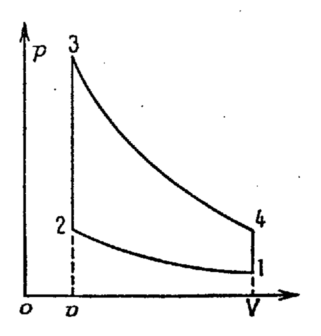
Corollaire. — *Soit* $f(x)$ *développable en série de polynomes de Legendre uniformément convergente sur* $(-1, +1)$. *Soit* $F_n(x)$ *une suite de fonctions qui converge en moyenne quadratique vers* $f(x)$. *Soit* η_n^2 *l'écart quadratique moyen.*

Si étant donné un nombre positif arbitraire ε *on peut trouver* N *tel que pour tout* $n > N$ *on ait* $n\eta_n < \varepsilon$ *alors de la suite* $F_n(x)$ *on peut déduire une nouvelle suite* $[F_n(x)]_n$ *où* $[F_n(x)]_n$ *désigne le développement d'ordre* n *de* $F_n(x)$ *en série de Legendre et qui converge uniformément vers* $f(x)$ *sur le segment* $(-1, +1)$.

Parallèlement, en combinant le théorème I avec la partie B du théorème II, on peut établir un corollaire analogue lorsque $f(x)$ est développable en série de Legendre uniformément convergente seulement sur (α, β) intérieur à $(-1, +1)$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Conditions imposées aux caractéristiques de fonctionnement des moteurs à explosion par la nécessité d'éviter les régimes détonants.* Note [1] de M. **Max Serruys**, présentée par M. Émile Jouguet.

On sait qu'un moteur à explosion, réalisé suivant un type de construction déterminé et utilisant un carburant donné, ne peut fonctionner correctement avec une compression volumétrique supérieure à une certaine valeur. On conçoit donc que, si les conditions de refroidissement et de régime angulaire sont maintenues constantes, et si l'avance à l'allumage est réglée dans tous les cas de manière à réaliser le maximum de rendement compatible avec les autres conditions de fonctionnement considérées, il soit possible de faire correspondre à chaque valeur du taux de compression volumétrique une valeur du taux de remplissage massique (ou de la pres-



sion de fin d'admission) et une valeur de la puissance effective qui ne peuvent être dépassées sans provoquer le cognement. On définit ainsi deux relations : l'une entre le taux de compression r et la pression en fin d'admission p_1, l'autre entre r et la puissance effective W, qui peuvent être déterminées expérimentalement.

On trouvera, dans ce qui suit, d'une part une méthode de calcul permettant la détermination *a priori* de ces relations à partir de la *théorie de l'inflammation nucléaire* que nous avons exposée dans notre Note du 23 avril 1934, et, d'autre part, des résultats expérimentaux permettant la comparaison entre les conclusions du calcul et les faits.

Dans ce qui suit, nous allons, pour plus de simplicité, raisonner sur un diagramme théorique de Beau de Rochas 1, 2, 3, 4 (*fig.*) caractérisé par

[1] Séance du 19 novembre 1934.

un taux de compression $r = V/v$, mais il est facile de vérifier que le résultat ne serait pas sensiblement modifié si l'on raisonnait sur un diagramme de forme normale. D'autre part, nous calculerons la quantité de chaleur q rapportée à l'unité de masse d'après l'accroissement de pression au cours de la combustion *mesuré sur un diagramme réel*, et nous admettrons que cette quantité ne dépend ni de la compression volumétrique préalable, ni de la pression d'admission. Enfin nous supposerons que la température d'admission T_1 est constante.

Dans ces conditions on peut écrire, en désignant par c la chaleur spécifique moyenne à volume constant : $T_3 - T_2 = q/c$, et, en admettant que les gaz sont parfaits, on aura $p_1 v_1 = mRT_1$, $p_2 v_2 = mRT_2$, $p_3 v_3 = mRT_3$, d'où

$$p_3 - p_2 = \frac{mR}{v_2}(T_3 - T_2) = \frac{p_1 v_1}{T_1 v_2}\frac{q}{c}$$

et, comme $p_2 = r^{\gamma} p_1$,

$$p_3 = p_1\left(r^{\gamma} + \frac{r}{T_1}\frac{q}{c}\right),$$

La relation cherchée s'exprimera évidemment d'après la théorie de l'inflammation nucléaire par le fait que la température t_3 et la pression p_3 des gaz non brûlés, *immédiatement avant le point* 3 *du cycle*, ont atteint la limite à partir de laquelle les réactions deviennent très rapides pour le carburant considéré et, comme dans le cas qui nous occupe, on a évidemment

$$t_3 = T_1\left(\frac{p_3}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = f(p_3),$$

il suffira d'écrire finalement que $p_3 =$ const. pour exprimer qu'on se trouve toujours à la limite du cognement.

On a ainsi

$$p_1\left(r^{\gamma} + \frac{r}{T_1}\frac{q}{c}\right) = \text{const.}$$

et l'on aura la relation entre r et W en remarquant que la puissance est sensiblement proportionnelle au produit de la pression de fin d'admission p_1 par le rendement théorique du cycle, ce qui donne

$$\frac{W}{1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}} \times \left(r^{\gamma} + \frac{r}{T_1}\frac{q}{c}\right) = \text{const.}$$

Nous avons appliqué cette formule à un cas pratique se rapprochant

autant que possible des conditions théoriques (gros moteur, régime rapide, chambre de combustion compacte) en calculant la température de fin d'admission à l'aide du diagramme et de l'analyse des gaz d'échappement, ce qui nous a donné $T_1 = 350°$.

Nous avons déterminé d'autre part les mêmes chiffres expérimentalement à l'aide d'un moteur dont on a fait varier simultanément la compression et la pression de fin d'admission en maintenant aussi bien que possible les autres facteurs invariables.

Les résultats obtenus par ces deux procédés sont résumés dans le tableau suivant :

Taux de compression.	Puissance calculée.	Puissance mesurée.
5,5	10,7	10,7
6,36	9,8	9,68
7,25	8,64	8,45

Si l'on tient compte de la difficulté d'effectuer de pareilles mesures avec une grande précision, de l'influence relative croissante des frottements mécaniques dans les trois cas considérés et des variations de la température en fin d'admission T_1 dues à la présence d'une quantité variable de gaz brûlés, on peut admettre que le recoupement réalisé est suffisamment approché pour qu'on puisse le considérer comme une confirmation *a posteriori* de la théorie de l'inflammation nucléaire.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Méthode pour l'appréciation* à priori *de l'effet du choc des combustibles*. Note de M. **Marcus Brutzkus**, présentée par M. Émile Jouguet.

Une marche régulièrement progressive du processus d'oxydation du combustible dans les moteurs qui ne donne pas de choc, ou une marche brusque de ce processus qui cause des chocs se présente comme une qualité individuelle de chaque corps chimique. L'effet de choc est le résultat de l'apparition instantanée d'une augmentation considérable de la pression dans le cylindre. L'augmentation de la pression ne peut provenir que des deux phénomènes suivants :

Le premier phénomène c'est l'accroissement de la pression par suite du dégagement de chaleur. C'est le facteur le plus important. Dans ce phénomène il y a un fait de la plus grande importance, c'est que le pouvoir calo-

rifique compté non par unité de masse du combustible, mais par litre d'air nécessaire à sa combustion, a la même valeur pour tous les hydrocarbures liquides, à quelques centièmes de calorie près, ainsi que le montre la colonne 6 du tableau suivant (environ 1 K/cal pour le litre de cylindrée à 0° C. et 760^{mm}). C'est pour cette raison que ce facteur prédominant peut être négligé en première approximation dans la comparaison des différents corps au point de vue de leur effet de choc.

Le second phénomène en question c'est l'augmentation de la quantité de molécules. Dans un travail récent [1] l'opinion a été exprimée que l'effet de choc doit être attribué à la décomposition pyrogénée brusque, *avant l'oxydation*, des molécules du combustible en deux ou plusieurs molécules plus simple. De telles décompositions seraient accompagnées d'une absorption de chaleur et ce que l'on aurait gagné en pression par l'augmentation de la quantité de molécules serait perdu par la perte de température. Même si une telle décomposition était démontrée, le résultat final ne pourrait être que peu important ou même négatif.

Par contre la variation de la quantité de molécules dans la combustion joue un rôle important. Ces variations, pour des combustibles différents, oscillent entre — 33 pour 100 (par exemple pour CO et H^2) et + 30 pour 100 (par exemple pour sédécane $C^{16}H^{34}$) et influencent assez considérablement la pression résultante. Mais la variation de la quantité de molécules a aussi une grande influence sur la marche même de la réaction, comme il a été démontré dans mes essais mentionnés ci-dessous [2].

C'est pourquoi on peut se demander si la variation de la quantité de molécules dans la combustion ne joue pas un rôle très important dans l'effet de choc et *ne peut pas servir pour l'appréciation* à priori de cet effet pour les combustibles pratiquement utilisés. Cette idée se vérifie bien avec les corps dont les formules ne présentent pas d'embranchements. Quand la formule présente des embranchements, comme, par exemple, HO, NH^2, CH^3, C^2H^5, C^3H^7, etc., on peut conserver la même idée, en calculant la variation du nombre de molécules de la manière suivante : on déduit de la formule chimique respectivement H^2O, NH^3, CH^4, C^2H^6, C^3H^8, etc. et l'on calcule la variation seulement pour le reste de la molécule.

---

(1) F. O. Rice, *Ind. Eng. Chemistry*, 25, 1934, p. 250.

(2) *Contribution à la théorie des moteurs à combustion interne* (Paris, 1923), et l'article *Contribution à la théorie des combustibles pour les moteurs* (*Bulletin de la Société d'Encouragement de l'Ind. Nat.*, mai 1924).

TABLEAU.

Corps.	Formules.	Nombres en octanes.	Nombres en aniline.	Variations des nombres de molécules.	Cal/lt d'air.
1	2	3	4	5	6
Aniline	$C^6H^5NH^2$	–	–	0,0	0,996
Triméthylpentane (Isooctane)	$C^5H^9(CH^3)^3$	–	+16	6,7	0,990
n-Décane	$C^{10}H^{22}$	–	—30	27,3	1,000
n-Nonane	C^9H^{20}	–	—28	26,6	0,989
n-Octane	C^8H^{18}	20	—21	26,0	0,992
n-Heptane	C^7H^{16}	27	—14	25,0	0,985
n-Hexane	C^6H^{14}	37	— 6	23,8	1,000
Décahydronaphtalène	$C^{10}H^{18}$	50	— 3	22,6	0,986
n-Pentane	C^5H^{12}	–	1	22,2	0,988
2-Méthylpentane	$C^5H^{11}.CH^3$	51-52	4	17,7	0,990
Cyclohexane	C^6H^{12}	54	7	20,0	1,000
Méthylcyclopentane	$C^5H^9.CH^3$	56-57	4	12,5	1,000
Cyclopentane	C^5H^{10}	59-60	14	17,6	0,995
Méthylcyclohexane	$C^6H^{11}.CH^3$	62	5	15,8	1,000
Cyclopentène	C^5H^8	62-63	16	12,5	0,990
Tétrahydronaphtalène	$C^{10}H^{12}$	65	–	14,3	0,990
Méthylcyclopentène	$C^5H^7.CH^3$	67-68	20	6,7	0,992
Dyméthylcyclohexane	$C^6H^{10}(CH^3)^2$	67-68	4- 6	11,1	0,992
Styrolène	C^8H^8	69	–	9,1	0,993
2.3-Diméthylbutane	$C^4H^8(CH^3)^2$	69-70	13-19	7,7	0,990
4-Méthylpentène-2	$C^5H^9.CH^3$	69-70	14	12,5	0,990
Éthylbenzène	$C^6H^5.C^2H^5$	70	19	0,0	0,992
Toluène	$C^6H^5.CH^3$	73	15	0,0	0,985
Cyclopentadiène	C^5H^6	74-75	29-39	6,6	0,990
Xylène	$C^6H^4(CH^3)^2$	77-78	17-26	—6,7	0,985
Benzène	C^6H^6	77-80	10	5,9	0,987
Dihydrobenzène	C^6H^8	79-80	–	11,1	1,004
Alcool éthylique	$C^2H^5.HO$	83	–	0,0	1,030
Éther éthylique	$C^2H^5.O.C^2H^5$	fort détonant		28,6	1,045
Alcool butylique	$C^4H^9.HO$	peu détonant		14,3	1,016
Nitroglycérine	$C^3H^5.(NO^3)^3$	–	–	625,0	–

Le tableau ci-dessus justifie cette affirmation. Les corps y sont rangés d'après leur nombre d'octanes (col. 3) [1]. La colonne 4 montre leur nombre

[1] D'après FR. HOFFMANN, K. LANG et KURT, *Brennstoff-Chemie*, **13**, 1932, p. 161; **14**, 1933, p. 103. Le tableau contient tous les corps étudiés par ces auteurs.

d'aniline ([1]). La colonne 5 montre les variations respectives de molécules dans la combustion, calculées, comme il a été mentionné ci-dessus. Il résulte de ce tableau qu'il existe *un assez bon parallélisme* entre l'augmentation de la quantité de molécules dans la combustion et l'effet de choc du combustible : *plus cette variation est grande, plus l'effet de choc est grand aussi*.

Ainsi la variation de la quantité de molécules à la combustion d'un combustible peut servir pour l'appréciation *a priori* de son effet de choc.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La diffusion des éléments à l'état solide, un nouvel aspect.* Note de M. **Binayendra Nath Sen**, présentée par M. G. Urbain.

I. Le phénomène de la diffusion d'un élément dans un autre à l'état solide, qui a été étudié par plusieurs investigateurs, semble avoir été mal compris. Pourtant il semble que beaucoup de lumière puisse être jetée sur le phénomène par une étude soigneuse des distances minimum d'approche des atomes pour les éléments dont la diffusion a été observée. L'auteur se contente ici de montrer qu'une relation nette existe entre ces distances et le sens de la diffusion. La nature de cette relation est mise en évidence dans le tableau ci-après, dans lequel les valeurs des distances minimum d'approche des atomes pour les différents éléments sont empruntées à Sir W. Bragg ([2]).

D'après ce tableau, dont il fallait exclure les données sur la diffusion à température élevée, faute de connaissances relatives aux distances minima d'approche des atomes pour ces températures mêmes, la règle suivante peut s'énoncer :

Dans un système de deux éléments à l'état solide en contact, la diffusion est possible dans un sens tel que l'élément qui pénètre dans l'autre est celui pour lequel la distance minimum d'approche de ses atomes présente la valeur la moins élevée.

2. Il y a lieu de remarquer enfin que le phénomène de diffusion est assimilable à la formation d'un amalgame, pour laquelle l'auteur a déjà

([1]) D'après les travaux de Lovell, Campbell et Boyd, *Ind. Eng. Chemistry*, 23, 1931, p. 26 et 555; 25, 1933, p. 1107; 26, 1934, p. 475.

([2]) *X-Ray and Crystal structure*, 5e édition, p. 163.

montré une relation analogue ([1]). La seule différence est que la formation d'amalgame est beaucoup plus rapide et détermine la rupture du réseau métallique, tandis que le processus de diffusion est assez lent pour que la rupture du réseau métallique ne soit pas possible.

Système.		Distance minimum d'approche des atomes.	Sens de la diffusion.
Cuivre-Platine	Cu...	$2,54 \times 10^{-8}$ cm	Le cuivre se répand dans le platine ([2]).
	Pt...	$2,78 \times 10^{-8}$ cm	
Cuivre-Zinc	Cu...	$2,54 \times 10^{-8}$ cm	Le cuivre se répand dans le zinc ([3]).
	Zn...	$2,67 \times 10^{-8}$ cm	
		$2,92 \times 10^{-8}$ cm	
Fer-Argent	Fe...	$2,54 \times 10^{-8}$ cm	Le fer se répand dans l'argent ([4]).
	Ag...	$2,876 \times 10^{-8}$ cm	
Or-Plomb	Au...	$2,88 \times 10^{-8}$ cm	L'or se répand dans le plomb ([5]).
	Pb...	$3,48 \times 10^{-8}$ cm	
Fer-Carbone	C...	$1,50 \times 10^{-8}$ cm	Le carbone se répand dans le fer ([6]).
	Fe...	$2,54 \times 10^{-8}$ cm	

ONDES HERTZIENNES. — *Sur les échos des ondes courtes et les tentatives d'explication de ces phénomènes.* Note ([7]) de M. **Albert Turpain**, présentée par M. A. Cotton.

Je ne m'occuperai que des échos qu'on appelle souvent *échos-radio* caractérisés par des intervalles de temps inférieurs à 1 seconde et que l'on a attribués à des réflexions sur des couches hypothétiques dites d'Heaviside-Kennely.

Faits observés. — Les ondes d'un poste A-émetteur arrivent au poste B-récepteur plusieurs fois, à des intervalles différents correspondant à des parcours AB effectués avec la vitesse de 300000^{km} par seconde sur le grand cercle passant par A et B. Soit c_0 l'angle (en degrés) correspondant à l'arc

---

([1]) Sen, *Chemical News*, 145, n° 3774, 1932, p. 93; *Zeit. anorg. Chem.*, 212, 1933, p. 410.

([2]) Gore, *The Art of Electrometallurgy*, London, 1877, p. 47.

([3]) Langbein et Braunt, *The Electrodeposition of Metals*, Philadelphia, 1891, p. 133.

([4]) Howell, *Nature*, 1906, p. 73, 464.

([5]) Robert Austen, *Bakerian Lecture* (*Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 187 A, 1896, p. 383).

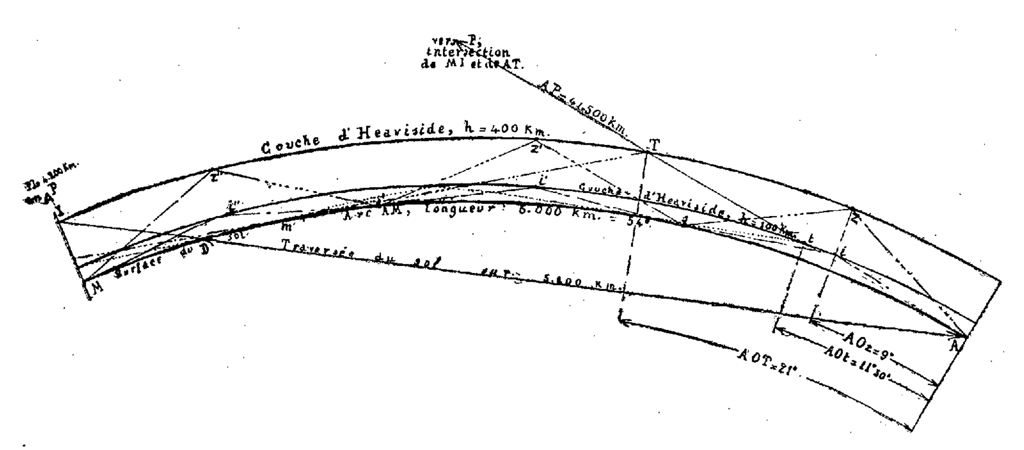
([6]) Weyl, *Metallurgie*, 7, 1910, p. 440.

([7]) Séance du 12 novembre 1934.

le plus court, l'écho direct correspond à l'arc c_o, les échos indirects, aux arcs $360° - c_o = l_o$; $c_o + 360°$; $l_o + 360°$; $c_o + 2 \times 360°$; $l_o + 2 \times 360°$, et aux parcours correspondants. Ces divers échos ont effectivement été observés (¹).

Explication donnée. — Ces échos radio seraient dus à une ou plusieurs réflexions totales sur une couche réfléchissante qu'on situe à des hauteurs h, variant de 100 à 400^{km} suivant des observations faites dans des conditions identiques.

Traçons le graphique correspondant aux données des expériences de Geltow ($\lambda = 15^m$ et $\lambda = 21^m$) $AB = 12000^{km}$ (A, station de Geltow; B, station de Rio).



Écho radio direct. — N'admettons qu'une seule réflexion totale sur une couche d'Heaviside à $h = 400^{km}$; la propagation chemine alors suivant ADID'B (²); elle doit pénétrer le sol sur 5200^{km} avant réflexion en I et, tout étant symétrique par rapport à MI, pénétrer encore le sol de 5200^{km} après réflexion. C'est inadmissible. Suivons alors le trajet tangentiel AP; P, non représenté, intersection de MI et de AT prolongés, est à 4200^{km} au-dessus de M. Les ondes auraient cheminé 83000^{km}, soit pendant plus de 2/7 de seconde, or, l'expérience indique 1/25 de seconde. Astreintes à se réfléchir sur une couche $h = 400^{km}$, et à suivre AT au départ, les ondes

(¹) H. Rukop, *Atti del Congresso Internazionale di telegrafia e telefonia*, Como, 10-15 settembre 1927, p. cx et 721, Roma, 1932.

(²) On n'a figuré que la moitié AM de l'arc AB, MI étant axe de symétrie de la figure complète; les lettres affectées d'un indice dans le texte désignent des points symétriques des points marqués.

n'atteindront pas le sol en B, mais à 2800^{km} en deçà ou au delà. Pour atteindre B sans pénétrer le sol, le trajet sera $Azsz's'z''Mz''s'z'szB$. Il y aurait onze réflexions totales sur le sol et la couche $h = 400^{km}$. Si $h = 100^{km}$ le trajet serait $Aisi's'i''Mi''_1 s'_1 i'_1 s_1 i_1$. Les angles au centre des points successifs de réflexion totale doivent : 1° être inférieurs à l'angle AOT (O, centre du globe) angle de 21° pour $h = 400^{km}$, de 11°30′ pour $h = 100^{km}$; 2° être sous-multiple de AOM = 54°. L'angle de 9°, ainsi choisi, pour $h = 400^{km}$ répond à un minimum de réflexions. Déplaçons T sur AP et cherchons, pour un nombre donné n de réflexions, quel est h; on trouve : pour $n = 1$, $h = 4200^{km}$; $n = 3$, $h = 800^{km}$; $n = 5$, $h = 290^{km}$; $n = 7$, $h = 180^{km}$; $n = 9$, $h = 73^{km}$; $n = 11$, $h = 66^{km}$.

Échos radio indirects. — L'arc l_0 vaut 252°; on aurait alors $n = 23$ réflexions, l'angle au centre serait de 10°30′, il valait 9° pour c_0. Déplaçons T sur AP, cherchons le minimum de n, on trouve $n = 2$ et $h = 8700^{km}$; les ondes chemineraient 53500^{km}, l'intervalle = 0,19 seconde, l'expérience indique pour l_0, 0,12 seconde. Pour les trois autres échos indirects, on aurait pour $h = 400^{km}$: $n = 41$ et $\alpha = 19°30'$; $n = 17$ et $\alpha_0 = 17°$; $n = 48$ et $\alpha = 17°15'$.

La théorie de MM. William G. Baker et Chester W. Rice (1) me paraît nécessiter des hypothèses trop nombreuses et, comme celle de J. Zenneck, antérieure (2) me paraît trop complexe.

Les eaux couvrent les 7 dixièmes du globe; deux conducteurs : les mers et la haute atmosphère jouent le rôle conducteur des tubes à vide, concentrent le champ hertzien, ainsi qu'on le concentrait par deux fils ou deux bandes métalliques, il y a 37 ans (3). La siccité du sol, les positions relatives de l'émetteur et de la mer (observations de C. Tissot); la discontinuité de ces conducteurs naturels; les variations atmosphériques saisonnières suffisent à expliquer les particularités de la propagation, d'ailleurs très variables et nombreuses (zone de silence; fading; etc.).

---

(1) *Journ. Americ. Institute of electrical Engineers*, 45, juin 1926, p. 535 et 571.
(2) *Electrotechnik und Maschinenbau*, 43, août 1925, p. 593 et 612.
(3) *Comptes rendus*, 128, 1898, p. 959.

ÉLECTRICITÉ. — *Étouffement de la décharge en couronne par des particules en suspension dans le champ électrique.* Note de M. **Marcel Pauthenier** et Mme **Marguerite Moreau-Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons évalué (¹) théoriquement l'influence de particules en suspension dans l'air sur la décharge en couronne d'un fil fin tendu dans l'axe d'un cylindre; nous nous proposons maintenant de contrôler expérimentalement ces résultats.

Les poussières utilisées ont été recueillies dans l'appareil de précipitation d'une centrale électrique; ce sont presque uniquement des sphérules vitrifiées de densité voisine de 2 et de quelques microns de diamètre. Pour que leur répartition soit uniforme, ces particules sont introduites dans le corps d'une soufflerie qui les centrifuge; puis elles sont brassées dans une première chambre avant de parvenir au cylindre d'étude.

On mesure au moyen d'un microampèremètre sensible le courant qui arrive à un anneau de 3^{cm} de haut et $10^{cm},3$ de rayon isolé extérieurement et introduit à frottement dans un cylindre beaucoup plus long qui joue le rôle de cylindre de garde. Lorsque les poussières arrivent dans la région médiane de l'anneau isolé, elles ont été soumises à l'action des ions du fil axial pendant 0,05 seconde de sorte que leur charge dépasse en tous points 5/6 de la limite sans que leur distance à l'axe ait varié de plus de 3^{mm}.

La quantité qui d'après notre théorie joue un rôle essentiel est la « surface élémentaire S » de la poussière ou surface des sphérules contenus dans 1^{cm^3}. Nous avons songé à l'évaluer en étudiant d'une part la teneur du gaz en particules et d'autre part la répartition statistique de leurs diamètres, mais cette détermination est sujette à plusieurs causes d'erreur; en outre leur constante diélectrique est une quantité mal définie. Aussi avons-nous préféré la méthode suivante qui donne directement la densité spatiale des charges portées par les particules.

Un volume d'air mesuré par un compteur est aspiré immédiatement au-dessus de l'anneau isolé; les poussières qu'il entraîne sont recueillies par un filtre de laine d'acier en relation avec un électromètre à fil et un condensateur; l'ensemble ayant une capacité connue Γ, l'opération consiste à

(¹) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 189.

mesurer le volume d'air u qui le porte à un potentiel v préalablement repéré.

Afin d'éviter que des ions gazeux ne troublent les mesures, l'air aspiré traverse d'abord le champ électrique d'un petit condensateur juste suffisant pour les précipiter. Les protections électrostatiques sont assez soignées pour que l'établissement de la haute tension soit sans action sur l'électromètre; d'autre part l'isolement du filtre, réalisé par des tubes de silice transparente, est tel que la déviation de l'électromètre chargé ne diminue d'une façon appréciable qu'après une dizaine de minutes.

On peut, par un calcul dont le point de départ est donné dans une Note précédente, évaluer l'étouffement $(i-i_0)/i_0$ de la décharge; avec les notations habituelles, on a, avec une précision de 3 pour 100 tant que $p\mathrm{SR} < 1$,

$$\frac{i-i_0}{i_0} = -\frac{p\mathrm{SR}}{3}\left(1+\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{RE}}+\frac{5\mathrm{C}^2}{\mathrm{R}^2\mathrm{E}^2}\mathcal{L}\frac{2\mathrm{RE}}{\mathrm{C}}\right).$$

Dans nos expériences, la tension appliquée au fil (diamètre $0^{\mathrm{mm}},2$) est maintenue égale à 20 kilovolts; en l'absence de poussières, on obtient un courant $i_0 = 3\,\mu\mathrm{A/cm}$. En tenant compte de la valeur prise dans ces conditions par la constante C, et en faisant apparaître les quantités mesurées ci-dessus, on obtient

$$i_0 - i = \frac{0,35.4\pi\Gamma v\mathrm{R}}{u\mathrm{E}}\,i_0,$$

E étant le champ à l'endroit où s'effectue le prélèvement, et qui peut être évalué à $\sqrt{2i_0/k}\,(1+p\mathrm{SR}/6)$.

Voici les résultats obtenus pour différentes teneurs comprises entre 1 et 7 g/m^3 :

$100\,(i_0-i)/i_0$ calculé.......	8,5	10,7	15	15,4	17,3	26	[32,4]
$100\,(i_0-i)/i_0$ observé......	7,7	9,5	13	15,2	17,1	27	42,5

Quand les teneurs sont élevées, les poussières prélevées (prises nécessairement près de la paroi cylindrique) sont moins complètement chargées que celles du centre; cela explique que l'étouffement calculé d'après la densité électrique périphérique soit moindre que celui qu'on mesure.

Tant que la diminution du courant ne dépasse pas 30/100 la théorie et l'expérience concordent parfaitement (les mesures étant nécessairement moins précises pour les teneurs très faibles). La théorie développée rend compte du mécanisme de l'étouffement progressif de la décharge en couronne

quand on augmente la teneur en poussière de l'atmosphère ambiante, l'espace chargé s'opposant de plus en plus à l'émission de nouvelles charges par le fil.

MAGNÉTISME. — *La variation du coefficient de rigidité du nickel en fonction de l'aimantation.* Note de M. **Raymond Jouaust**, présentée par M. Paul Janet.

Depuis que l'attention fut attirée sur ce sujet par Pierce, de nombreux expérimentateurs ont cherché à utiliser les oscillations entretenues par magnétostriction de verges en substances ferromagnétiques. Les oscillations étaient toujours du mode longitudinal et l'effet magnétostrictif utilisé celui qui est connu sous le nom d'effet Joule. L'utilisation de la torsion permet de réaliser des oscillateurs de basse fréquence et les oscillations de torsion peuvent être fasilement entretenues par l'effet Wiedemann (torsion d'un fil aimanté longitudinalement et circulairement). C'est en cherchant à réaliser un oscillateur de ce genre que j'ai été amené à étudier l'influence de l'aimantation sur le coefficient de rigidité du nickel. Le mode opératoire était le suivant :

Un pendule de torsion suspendu par un fil de nickel du commerce était placé à l'intérieur d'un solénoïde provoquant une aimantation longitudinale du fil. Le pendule avait été réalisé de telle façon que sa période d'oscillation double fût très voisine d'une seconde. Deux procédés ont été employés pour déterminer la période d'oscillation.

Dans une première série d'expériences, le pendule oscillait librement. Un miroir porté par le fil éclairait à chaque passage par la position d'équilibre une cellule photoélectrique dont le courant, convenablement amplifié s'enregistrait sur un oscillographe Blondel en même temps qu'un courant de fréquence connue. Il était possible d'apprécier, à quelques dix-millièmes de seconde près, la durée d'une oscillation. Dans une seconde série d'expériences, le pendule de torsion était entretenu et synchronisé par une pendulette électrique battant la seconde. Cet entretien était réalisé par effet Wiedemann, le rouage d'entretien de la pendulette envoyant une fois par seconde dans le fil un courant constitué par la décharge d'un condensateur.

On relevait comme précédemment à l'oscillographe Blondel le moment du passage du fil par sa position d'équilibre et aussi le moment de l'entretien grâce à un courant électrique provoqué également par le contact de la pendulette et s'enregistrant sur l'oscillographe.

On peut démontrer que la différence entre la période du pendule synchronisé et celle du pendule synchronisateur est donnée par la relation

$$\Delta T = \frac{\delta}{2\pi} \operatorname{tang} 2\pi \frac{t}{T} T,$$

T étant la période de la pendule synchronisatrice;
t le temps qui s'écoule entre le moment de l'entretien et celui où le pendule synchronisé passe par sa position d'équilibre;
S le décrément logarithmique facile à déterminer du pendule de torsion.

De la variation de période on déduit la variation du coefficient de rigidité. Les deux procédés ont conduit aux mêmes résultats. Entre des champs magnétisants de 15 à 70 œrsted, le coefficient de rigidité décroît. Pour le fil étudié cette décroissance atteignait 2 pour 100 entre les valeurs limites.

Ces résultats confirment ceux obtenus par Honda et Terada (1). Cette confirmation nous a paru intéressante à signaler, les résultats relatifs à la diminution du coefficient d'élasticité en fonction de l'aimantation indiqués dans le même travail par les deux auteurs cités ayant été contestés récemment par Gièbe et Blechsmidt (2).

PHYSIQUE. — *Action du champ magnétique sur le mouvement brownien.* Note (3) de M. **Jacques Métadier**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. MM. A. Turpain et Bony de Lavergne (4) avaient observé que le champ magnétique n'agit pas directement sur les particules colloïdales (non métalliques) en mouvement brownien, mais ils avaient obtenu une précipitation des micelles sur une particule d'un métal ferromagnétique introduite dans la solution colloïdale.

Après avoir fait quelques remarques théoriques sur le mouvement brownien (5) nous avons repris cette expérience en essayant l'action de diverses particules et avec l'idée de faire une étude quantitative.

Nous avons utilisé un gros électroaimant de Weiss. Le champ magnétique était horizontal. L'ultramicroscope était un cardioïde de Zeiss. Pour rapprocher les pièces polaires au maximum et obtenir le maximum

(1) *Physikalische Zeitschrift*, **6**, 1905, p. 622.
(2) *Annalen der Physik*, 5e série, **11**, 1931, p. 905.
(3) Séance du 19 novembre 1934.
(4) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 1280.
(5) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1173; **195**, 1932, p. 649.

de champ, nous avons utilisé un prisme de Cotton et Mouton très étroit (3^{mm}). Pour les essais quantitatifs, nous avons utilisé la lame d'un hématimètre.

Nous avons employé successivement des émulsions de corps ferromagnétiques, paramagnétiques et non magnétiques : bleu de Prusse, hydrate d'oxyde de fer, jaune de chrome, gomme-gutte.

2. Avec ces solutions, en champ uniforme, nous n'avons observé aucune différence dans l'agitation brownienne avec ou sans champ magnétique.

Nous avons réalisé alors un champ non uniforme en introduisant une ou deux particules métalliques beaucoup plus grosses que les micelles (10^{μ} environ).

Malgré le grand nombre d'observations, dans des champs variant de 10000 à 20000 gauss nous n'avons pu obtenir la précipitation de granules de l'émulsion sur la ou sur les particules métalliques ainsi introduites dans la solution.

Cependant trois fois sur six, avec l'émulsion de bleu de Prusse en présence d'une seule particule du fer au centre de la solution nous avons observé une attraction nette des micelles sur la particule, sans pouvoir nous expliquer cette discordance.

3. Ces essais ayant été faits entre lame et lamelle, c'est-à-dire dans une lame liquide, nous les avons repris en examinant les granules contenues dans une goutte d'émulsion. On peut alors rapprocher les pièces polaires de l'électroaimant à 2 ou 3^{mm} l'une de l'autre.

En champ uniforme ou non, nous n'avons jamais observé, comparativement avec l'absence de champ, de différence dans l'agitation brownienne et cela malgré une centaine d'observations variées.

4. MM. A. Turpain et Bony de Lavergne parlent de mélanges momentanément colloïdaux (acide chromique et sulfate ferreux), qui présentent un trouble et qui, observés à l'ultra-microscope, laissent voir des grains agités de mouvement brownien.

Nous avons repris aussi ces expériences : macroscopiquement, nous avons mesuré la vitesse d'opacification avec le photomètre d'absorption de Vernes, Brick et Yvon, et microscopiquement nous avons examiné directement la vitesse de précipitation en suivant l'agglomération des grains à l'ultramicroscope. Les deux examens donnent des résultats exactement parallèles.

Là encore nous n'avons observé aucune différence avec ou sans champ magnétique.

Conclusion. — Il résulte de ces expériences nombreuses que des champs magnétiques allant jusqu'à 20 000 gauss n'ont aucune action sur l'agitation brownienne, et, par conséquent, aucune action sur l'agitation moléculaire. Il serait peut-être intéressant de reprendre ces expériences avec un champ magnétique supérieur à 20 000 gauss.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Contribution à l'étude de quelques redresseurs secs.* Note de M. **Ivan Peychès**, présentée par M. Ch. Fabry.

M. Anastasiades étudie [1] le mécanisme de la rectification du redresseur Elkon, qui présente la série des contacts suivants : Pb/CuS/Mg. En accord avec les résultats qu'il avait précédemment obtenus sur les contacts Cu/CuS et Cu/Cu^2S, il attribue la double rectification du redresseur Elkon aux deux contacts Pb/CuS et Cu^2S/Mg; l'apparition de Cu^2S étant due à la réduction de CuS sous l'influence de la chaleur dégagée par un arc jaillissant entre Mg(MgO) et CuS, lors de la mise en service du redresseur. Le redressement antagoniste présenté pour les faibles différences de potentiel est ainsi attribué au contact Pb/CuS; le redressement normal, apparaissant pour une différence de potentiel supérieure à une certaine valeur critique, étant attribué au contact principal Cu^2S/Mg,

Étant en possession d'un redresseur Elkon du commerce nous avons voulu vérifier les conclusions de M. Anastasiades en mesurant directement les différences de potentiel moyennes existant entre les deux contacts plomb-sulfure de cuivre, sulfure de cuivre-magnésium, lorsque le redresseur fonctionne en redresseur de tension.

Pour faire cette étude nous avons adopté le montage suivant : un élément Elkon, monté en série avec un condensateur de forte capacité (10 microfarads) est alimenté sous une différence de potentiel alternative variable. La source utilisée est un transformateur branché sur le secteur (fréquence : 50 p/s) et débitant dans un potentiomètre; la tension efficace prise le long du potentiomètre, variable de 0 à 3 volts est mesurée à l'aide d'un voltmètre thermique. Nous mesurons par une *méthode d'opposition* les tensions redressées correspondant aux contacts : Pb/Sulfure de cuivre/Mg, Pb/Sulfure de cuivre, et Mg/Sulfure de cuivre, le passage de l'une de ces positions à l'autre s'effectuant à l'aide d'inverseurs. La prise

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1397.

intermédiaire, sur le sulfure de cuivre est réalisée grâce à une fine aiguille appuyée sous pression constante sur la tranche de la pastille de sulfure de cuivre. Ce contact auxiliaire ne modifie en rien les phénomènes étudiés puisque, à l'équilibre, il n'est traversé par aucun courant permanent. Quant à la partie alternative du courant dérivé dans le circuit de mesure, elle est arrêtée par un circuit bouchon intercalé entre le contact et le dispositif potentiométrique.

Dans nos expériences le redressement antagoniste s'est présenté pour $v < 0,5$ volt, en moyenne, valeur critique variable d'ailleurs d'un élément à un autre. Cette condition étant satisfaite, *nous n'avons jamais pu mettre en évidence la moindre différence de potentiel entre* Pb *et le sulfure de cuivre*. Par contre *toute la chute de tension observée entre* Pb *et* Mg *se retrouve entre* Pb *et le sulfure de cuivre*; elle est de l'ordre de 50 millivolts pour $v = 0,4$ volt. En conclusion, il semble bien que le contact principal CuS/Mg soit seul responsable à la fois du redressement normal et du redressement antagoniste.

Dans des expériences préliminaires nous avons étudié des galènes du type non sensible présentant le même phénomène. Là aussi, le contact pointe-cristal est seul responsable du redressement antagoniste aux faibles tensions et du redressement normal.

ANALYSE SPECTRALE. — *Recherche des métaux alcalins par la méthode des spectres d'arc. Établissement des courbes de sensibilité.* Note de MM. **Pierre Urbain** et **Masao Wada**, présentée par M. G. Urbain.

La recherche des métaux alcalins par voie spectrographique est généralement effectuée en volatilisant les sels de ces métaux dans la flamme d'un brûleur à gaz ou dans l'étincelle électrique. Récemment, M. R. Bossuet a modifié ce mode opératoire en faisant fondre dans la flamme oxyacétylénique un bâtonnet de pyrophosphate de magnésium préalablement imbibé par la solution du sel à étudier (1).

Nous avons pensé que la technique des spectres d'arc, qui convient en règle générale à l'étude des substances difficilement fusibles et faiblement volatiles, pouvait cependant être appliquée à la recherche des métaux

(1) R. Bossuet, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 469.

alcalins, à la condition de noyer les sels de ceux-ci dans un excipient réfractaire convenablement choisi.

Nous avons utilisé un spectrographe à équipage de verre suffisamment dispersif et d'une luminosité satisfaisante entre 3800 et 7000 Å. Les plaques employées étaient des Lumière Micro-Panchro, et les images étaient révélées dans une solution de génol ([1]).

Pour éviter l'apparition des bandes de Swann qui voilent la partie du spectre renfermant les raies caractéristiques des métaux alcalins, nous avons substitué des électrodes de cuivre pur aux baguettes de charbon graphité généralement utilisées dans la technique des spectres d'arc; on évite également ainsi l'apparition des raies dues aux impuretés alcalines toujours présentes dans ces baguettes. Les brûleurs à arc avaient en outre été modifiés pour permettre de ramener instantanément sur la fente du spectrographe l'image d'une flamme assez irrégulière.

L'excipient choisi après de multiples essais est l'oxyde de zinc, qui fond lentement dans la flamme de l'arc, sans projections ni crachements, et dont la volatilisation n'apporte qu'un petit nombre de raies dans la région visible du spectre.

En humectant des poids connus d'oxyde de zinc à l'aide d'une solution alcaline titrée, il est possible de préparer une série de mélanges dans lesquels le rapport $H^2O : ZnO$ va en doublant d'un terme à l'autre, depuis 10^{-6} jusqu'à 10^{-1}. Puis on volatilise complètement 5^{mg} de chaque mélange dans l'arc électrique, en recevant successivement les images sur la même plaque sensible.

L'intensité des raies caractéristiques était déterminée après développement à l'aide d'un microphotomètre enregistreur de Chalonge et Lambert, déjà utilisé par l'un de nous pour des recherches analogues ([2]). Les indications fournies par cet appareil ont permis d'établir un diagramme portant en ordonnées le noircissement de la plaque et en abscisses le logarithme des quantités de métal alcalin volatilisées dans l'arc. Les courbes obtenues ont la forme bien connue des caractéristiques sensitométriques des émulsions photographiques; les coordonnées de la partie rectiligne indiquent les limites entre lesquelles la méthode peut être efficacement employée pour chaque métal et pour chaque raie. Nous avons trouvé les limites inférieures suivantes :

([1]) Génol, 2^g; SO^4Na^2, 30^g. CO^3Na^2 anhyd., 10^g; eau, 500^{cm^3}.

([2]) Pierre Urbain, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 940.

	mg
Lithium (6708,1 Å)	0,000002
Sodium (5890,2 Å)	0,00007
Potassium (4044,2 Å)	0,0012
Rubidium (4201,8 Å)	0,0026
Cæsium (4555,3 Å)	0,008

Ces limites sont inférieures à celles que permettent d'atteindre la flamme du gaz d'éclairage, et l'étincelle électrique, et elles sont du même ordre que celles qui ont été indiquées par M. R. Bossuet.

SPECTROSCOPIE. — *La structure des spectres du hafnium et du tungstène.* Note de M. **Adolfo T. Williams**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les termes spectraux du Hf (I) et (II) ont été déterminés par Meggers et Scribner ([1]), mais pour la totalité des termes impairs on ne connaît pas les valeurs de R et de L. Un fait analogue se produit pour les termes impairs du W (I) dont les valeurs numériques et les quanta internes furent établis par O. Laporte ([2]).

En tenant compte des caractéristiques présentées par les raies ultimes dans la variation de L et de J et de l'examen des séries auxquelles appartiennent les raies ultimes des éléments homologues du Hf (Ti et Zr) et du W (Cr et Mo), nous avons pu déterminer les valeurs R et L des quelques termes non encore entièrement classés.

Pour les raies ultimes classées en séries, qui sont au nombre de 1094, seulement chez 39 se vérifie la condition que ΔL et ΔJ aient des signes contraires; ceci se produit pour les transitions : S-P^o, S^o-P, P-S^o, P^o-S, P-D^o, P^o-D et D-P^o.

D'ailleurs, la plupart des raies ultimes du Ti et du Zr appartiennent pour l'atome neutre aux transitions : ${}^3F$-${}^3D^o$, ${}^3F$-${}^3F^o$ et ${}^3F$-${}^3G^o$, et pour l'atome ionisé aux transitions : ${}^4F$-${}^4D^o$, ${}^4F$-${}^4G^o$, ${}^2D$-${}^2F^o$ et ${}^2D$-${}^4F^o$; et pour le Cr et le Mo aux transitions : ${}^5D$-${}^5P^o$, ${}^5D$-${}^5F^o$ et ${}^7S$-${}^7P^o$.

D'accord avec ces observations, nous avons classé 34 termes impairs des atomes susmentionnés de la façon suivante :

([1]) Hf (I), *Bureau of Standards Journ. of Research*, 4, 1930, p. 169, et Hf (II), *Journ. Optical Society of America*, 17, 1928, p. 83.

([2]) Bacher et Goudsmit, *Atomic Energy States*, p. 500.

Hf (I).

Valeur numérique.	Désignation M. et S.	Désignation A. T. W.	J.
26305,74.......	16°	³F°	3
26463,92.......	17	³D°	1
29996,83.......	29	³G°	3
32533,33.......	34	³F°	2
33994,75.......	40	³G°	3
34277,79.......	41	³F°	2
36074,98.......	47	³G°	4
36237,32.......	48	³F°	3
36772,90.......	50	³D°	2
36850,02.......	51	³G°	4
38987,84.......	56	³F°	4

Hf (II).

Valeur numérique.	Désignation M. et S.	Désignation A. T. W.	J.
29405,2.......	17°	⁴F°	3
31784,3.......	18	⁴D°	2
34355,1.......	21	⁴D°	3
34942,4.......	22	⁴F°	3
36882,5.......	24	⁴D°	4
38498,5.......	27	²F°	4
42391,0.......	32	⁴G°	5
44690,8.......	38	⁴G°	4

W (I).

Valeur numérique.	Désignation O. L.	Désignation A. T. W.	J.
21453,79......	14°	⁵P°	1
23964,58......	17	⁵P°	2
26189,11......	21	⁷P°	3
26229,70......	22	⁷P°	2
27889,57......	27	⁷P°	1 (¹)
34719,32......	49	⁵F°	1
36190,42......	53	⁵D°	1
36874,31......	56	⁷P°	3
36904,13......	57°	⁷P°	2
37674,04......	60	⁷P°	3
38259,33......	64	⁷P°	4
38748,40......	65	⁵F°	4
39646,35......	69	⁷P°	3
39707,02......	70	⁵P°	2
40233,94......	73	⁷P°	3

POLARISATION ROTATOIRE. — *Dispersion rotatoire dans l'ultraviolet du camphre en solution sulfurique.* Note [2] de MM. **Jean Lecompte** et **Jacques Perrichet**, transmise par M. A. Cotton.

Dans le spectre visible, la dispersion rotatoire du camphre en solution dans l'acide sulfurique varie avec la concentration de l'acide.

Nous avons repris cette étude dans l'ultraviolet où des bandes d'absorption font croître considérablement la valeur du pouvoir rotatoire.

(¹) J doit être 4 étant donné la façon dont se combine ce terme.

(²) Séance du 19 novembre 1934.

Appareils. — Les mesures ont été faites au moyen du premier modèle du spectro-polarimètre Cotton-Descamps [1], dont nous avons modifié le système d'entraînement; les clichés ont été examinés au microphotomètre Chalonge et Lambert; l'absorption a été étudiée qualitativement au moyen du dispositif Andant à cuve à écoulement continu [2].

Le camphre utilisé est le camphre droit ordinaire; les mesures dans l'ultraviolet sur ces solutions ne sont possibles que si l'on purifie deux fois le camphre selon la méthode indiquée par R. Lucas [3].

L'acide sulfurique concentré du commerce absorbe généralement à cause des impuretés qu'il contient. Après plusieurs essais nous avons choisi l'acide sulfurique bouilli pur Poulenc $d = 1,84$ qui est transparent dans les limites qui nous intéressent.

L'absorption du camphre dans l'acide sulfurique ne présente pas les mêmes caractères que dans l'alcool ou les acides organiques.

Dans l'acide sulfurique concentré, la bande cétonique disparaît et est remplacée par une absorption croissant à partir de 2900 Å.

Dans l'acide sulfurique dilué (1^{vol} d'acide sulfurique — 1^{vol} d'eau), on retrouve la bande cétonique déplacée vers les courtes longueurs d'onde (2700 Å environ).

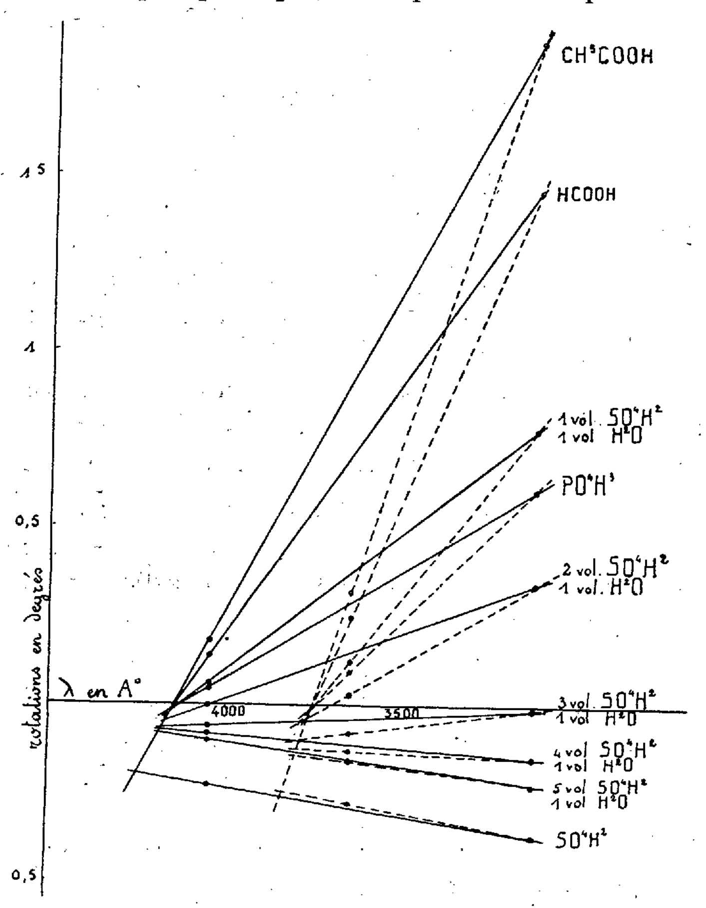
Résultats. — Les résultats obtenus sont exposés dans le Tableau suivant qui donne les rotations observées en centièmes de degré pour $l = 5^{cm},42$ et une concentration de $0^{g},200$ pour 100^{cm^3} de solution ($t = 19°$).

	λ en Å :					
	4047.	3650.	3341.	3130.	3022.	2967.
SO^4H^2 pur..........	−23	−28	−33	−37	−41	−27
5^{vol} SO^4H^2, 1^{vol} H^2O...	−10	−15	−20	−23	−17	−12
4^{vol} SO^4H^2, 1^{vol} H^2O...	−8	−13	−14	−15	−12	−4
3^{vol} SO^4H^2, 1^{vol} H^2O...	−6	−8	−4	−1	+7	+9
2^{vol} SO^4H^2, 1^{vol} H^2O...	0	+3	+10	+34	+80	+101
1^{vol} SO^4H^2, 1^{vol} H^2O...	+5	+12	+28	+77	+141	+160

Nous avons alors comparé, au moyen du diagramme de Darmois, ces

(1) *Rev. d'Opt.*, 5, 1926, p. 481.
(2) *Rev. d'Opt.*, 9, 1930, p. 316-322.
(3) *Ann. Phys.*, 9, 1928, p. 444-452.

mesures avec celles que nous avons faites par ailleurs en prenant comme solvants les acides phosphorique, acétique et formique. L'étude de ce



diagramme, établi entre les raies 4047-3130 et 3650-3130, reproduit sur la figure, conduit aux conclusions suivantes :

Les droites relatives aux acides organiques, à l'acide phosphorique, au mélange très dilué d'acide sulfurique et d'eau, sont concourantes; on peut donc conclure que, dans ces solutions, il existe deux formes de camphre.

Au contraire, les droites relatives à l'acide sulfurique concentré ou peu dilué ne concourent pas et il faut au moins admettre l'existence d'une troisième forme ou d'un composé du camphre; la formation d'un sel oxonium a été proposée par John W. Baker [1]. On aurait un équilibre avec formation du composé $C^9H^{16}C(OH)OSO^3H$.

(1) *Journal of Chemical Society*, **130**, part II, 1932, p. 2923.

En résumé, l'étude dans l'ultraviolet du pouvoir rotatoire montre l'existence dans la solution sulfurique d'un troisième corps sans qu'elle permette de décider s'il y a action physique ou chimique du solvant.

PHOTOCHIMIE. — *Décomposition photochimique du glycocolle. Influence du milieu et de la longueur d'onde.* Note de MM. **V. Henri**, **Ch. Weizmann** et **Y. Hirshberg**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons montré [1] que le glycocolle en solution aqueuse est décomposé par les rayons ultraviolets d'une lampe à vapeur de mercure en quartz; cette décomposition est accompagnée d'une augmentation de la conductivité électrique, d'une augmentation de l'alcalinité, de la formation d'ammoniaque, d'acide glycolique et d'un dégagement des gaz avec forte proportion de CO.

1. *Influence de la réaction du milieu.* — Nous avons étudié ensuite l'influence de la réaction du milieu sur la vitesse de décomposition photochimique du glycocolle. Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

100 *heures d'irradiation.*

pH	5,65	3,90	3,00	7,0	8,8	11,6
NH^3 $n/50$	2,8	3,7	6,7	3,07	3,25	4,68

On voit que la réaction est la plus rapide en milieu acide pH = 3; la vitesse passe par un minimum en solution presque neutre pH = 6 et augmente ensuite du côté alcalin.

2. *Influence de la longueur d'onde des rayons actifs.* — Pour analyser la réaction photochimique nous avons mesuré les spectres d'absorption des solutions de glycocolle avant et après l'irradiation. Le tableau suivant donne les valeurs des coefficients d'extinctions moléculaires des solutions témoins et irradiées 1/2, 2, 4, 6, 15 heures; les quantités de NH^3 formées [en grammes et non en milligrammes comme c'est indiqué par erreur dans la Note antérieure (*loc. cit.*)] sont indiquées en haut du tableau :

Coefficients d'extinctions moléculaires.

Durée	0.	1/2 heure.	2 heures.	4 heures.	6 heures.	15 heures.
NH^3 (g)	0	–	0,0011	0,0023	0,0032	0,0110
2195 Å	8,6	10,8	10,8	10,8	10,8	14,0
2260 »	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	10,8
2360 »	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	4,6

(1) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 168.

On voit que l'absorption de glycocolle se produit pour les rayons ultraviolets plus courts que 2400 Å et qu'elle augmente progressivement vers l'extrémité U. V.

Après irradiation on observe une augmentation de l'absorption. Cette augmentation est surtout forte après une irradiation prolongée pendant 15 heures. Ceci indique que pour une irradiation prolongée interviennent des réactions secondaires, c'est du reste pour ces irradiations que l'on voit apparaître un dégagement gazeux.

3. *Rayonnement actif.* — Le fait que l'absorption a lieu seulement pour les courtes longueurs d'onde fait prévoir que les rayons actifs doivent avoir une longueur d'onde inférieure à 2400 Å. Pour préciser cette question nous avons utilisé des écrans différents et nous avons employé de nouvelles sources de rayons ultraviolets.

Écrans. — Comme écrans nous avons employé surtout l'acide acétique à diverses concentrations sous 5^{mm} d'épaisseur. L'étude spectrographique de ces écrans montre que pour les spectres de Hg l'acide acétique pur laisse passer les rayons jusqu'à la raie 2478 Å. Après une irradiation de la solution de glycocolle pendant 16 heures à travers cet écran, la conductivité électrique de la solution passe de $1,1.10^{-5}$ à $1,5.10^{-5}$, tandis que sans écran elle passe de $1,1.10^{-5}$ à $4,9.10^{-5}$; les rayons actifs correspondent donc à $\lambda < 2478$ Å.

Étincelles. — Nous avons ensuite utilisé de fortes étincelles condensées (190 volts, 18 ampères dans le primaire) entre électrodes de Cd ou de Zn de 8^{mm} de diamètre; les écrans étaient l'acide acétique à différentes concentrations.

Le tableau indique les raies absorbées par ces écrans :

Écrans.	Étincelle de Cd.	Étincelle de Zn.
Acide acétique 1 °/₀₀....	2144, 2195, affaiblies	groupe 2025-2105, 2139 absorbés
» 1 °/₀.....	2144, 2195, 2240, 2265	toutes les raies jusqu'à 2265

Les variations de conductivité et de la teneur en NH^3 après irradiation avec et sans écran d'acide acétique 1 pour 100 sous 5^{mm} d'épaisseur sont les suivantes :

	Étincelle de Cd (2^{h}15^m).		Étincelle de Zn (2^h).	
	Sans écran.	Avec ac. acet. 1 °/₀.	Sans écran.	Avec ac. acet. 1 °/₀.
Conductivité	$5,75.10^{-5}$	$1,23.10^{-5}$	$4,2.10^{-5}$	$1,25.10^{-5}$
NH^3 de glycocolle (°/₀) ...	0,7	0	0,4	0

La conductivité initiale était à $1,1.10^{-5}$. On voit que même un écran d'acide acétique à 1 pour 100 atténue très fortement la décomposition photochimique du glycocolle par les rayons des étincelles de Cd et de Zn.

Les rayons actifs ont donc une longueur d'onde inférieure à 2265 Å.

Ce résultat est confirmé par des expériences dans lesquels nous avons cherché à mesurer le rendement quantique de la réaction, en comparant la réaction sur le glycocolle avec la décomposition photochimique de l'acide monochloracétique pour laquelle le rendement quantique est égal à l'unité. En interposant entre la source et la solution de glycocolle une solution d'acide monochloracétique la transformation de glycocolle n'a pas lieu, tandis que la transformation de l'acide monochloracétique est très faiblement atténuée par l'interposition de la solution de glycocolle.

Les rayons agissant sur l'acide monochloracétique correspondent à $\lambda < 2537$ Å, tandis que pour le glycocolle ils ont $\lambda < 2265$ Å.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence magnétique de solutions paramagnétiques de sels de terres rares.* Note de M. **Charles Haenny**, présentée par M. A. Cotton.

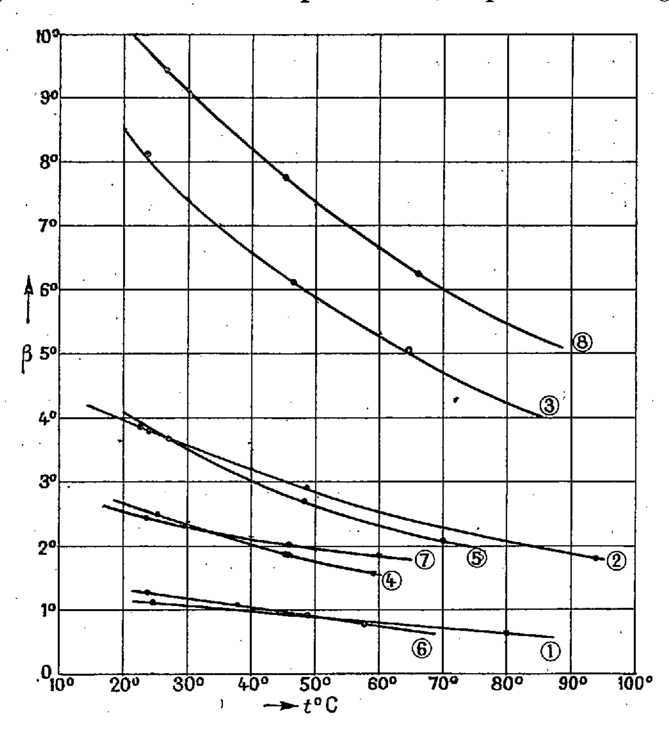
La biréfringence magnétique des liquides paramagnétiques est donnée, d'après la théorie de Langevin, par une expression formée d'un premier terme où la température absolue entre au dénominateur (représentant la part du diamagnétisme sous-jacent), et d'un second terme inversement proportionnel au carré de la température absolue, terme qui correspond au paramagnétisme.

L'effet Cotton-Mouton des solutions salines diamagnétiques étant toujours petit par rapport à celui que j'ai observé pour les sels paramagnétiques de terres rares, on peut s'attendre à ce que, dans ce cas, le second terme de l'expression théorique ait une importance prépondérante. Les variations thermiques de cette biréfringence doivent par suite, être plus grandes que celles observées pour les liquides organiques diamagnétiques.

J'ai mesuré les variations thermiques de la biréfringence magnétique de solutions aqueuses et d'une solution dans l'alcool, de quelques sels céreux et d'un sel du terbium. J'ai employé pour faire varier progressivement la température du liquide étudié, le dispositif que M. Goldet ([1]) a adapté à l'électroaimant de l'Académie des Sciences à Bellevue.

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1612.

Les courbes de la figure suivante traduisent les variations de l'ellipticité β mesurée sous une épaisseur constante avec la radiation verte du mercure ($\lambda = 546^{m\mu}$) en fonction de la température *t*, exprimée en degrés centési-



maux. Celle-ci pouvait être maintenue constante à 1/10° de degré près, durant le temps d'une mesure.

Concentrations en grammes par gramme de solution :

Nitrate céreux : Ce^{III} = 1) 0,0701 ; 2) 0,1595 ; 3) 0,2495.

Nitrate céreux, en milieu fortement acide : 4) Ce = 0,1404 ; HNO^3 = 0,288.

(5) Sel double : $Ce(NO^3)^3.Mg(NO^3)^2$, Ce = 0,234.

(6) Nitrate céreux en solution alcoolique : Ce = 0,1314 ; H^2O = 0,1014.

(7) Chlorure céreux + HCl : Ce = 0,1243 ; HCl = 0,08.

(8) Nitrate du terbium : Tb = 0,109.

Pour éliminer l'influence de la dilatation, nous avons calculé les valeurs des quotients β_s, des β par les densités, puis les variations relatives de β_s, c'est-à-dire les fractions $m = 1/\beta . \Delta\beta_s/\Delta t$, qui permettent de mieux comparer entre elles les diverses solutions. Les valeurs de *m* oscillent autour

d'une valeur moyenne de 1/90 [différente de celle que l'on peut calculer d'après les courbes de Münster ([1])] sans présenter entre elles des écarts aussi marqués que ceux constatés dans le cas des liquides organiques.

Les variations thermiques indiquées ci-dessus sont plus grandes et diminuent plus rapidement avec la température que celles relatives aux composés diamagnétiques. Ces faits sont ainsi en bon accord avec l'importance prédominante que doit prendre, pour les solutions étudiées, le terme de paramagnétisme de l'expression théorique de cette biréfringence.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Nouvelle preuve expérimentale des couches de neutrons dans les noyaux.* Note ([2]) de M. **Wenli Yeh**, présentée par M. Jean Perrin.

Les résultats expérimentaux de Fermi et ses collaborateurs ([3]) sur la radioactivité induite par des neutrons comprennent presque tous les éléments non radioactifs connus (61 sur 78) et trois éléments radioactifs (Rb, Th, Ur).

Il ressort de ces expériences le fait remarquable qu'on peut établir sans difficulté une relation entre les périodes de désintégration β et le système de couches de neutrons ou de protons (telles que $1s$, $2p$, $3d$, $5f$, $5g$; etc.) indiqué par W. M. Elsasser dans un autre ordre d'idées ([4]). En effet, au début d'une couche neutronique les périodes T sont très courtes et elles augmentent au fur et à mesure que la couche se complète. La fin d'une couche cst signalée par des corps qui ne donnent pas de radioactivité induite observable, correspondant aux couches définies par W. M. Elsasser (He, O, Ca, Ni, Sr). On peut rendre ce fait plus saillant encore si l'on trace une courbe en portant en ordonnées, pour des raisons compréhensibles, les valeurs des $10/\log T$ et en absisses le nombre de protons P correspondant des noyaux bombardés ([5]).

([1]) *Zeit. f. Physik*, 88, 1934, *p.* 593.

([2]) Séance du 12 novembre 1934.

([3]) E. Fermi, E. Amaldi, O. D'Agostino, F. Basseti, E. Segre, *Proc. Roy. Soc.*, 9, 1934, p. 499.

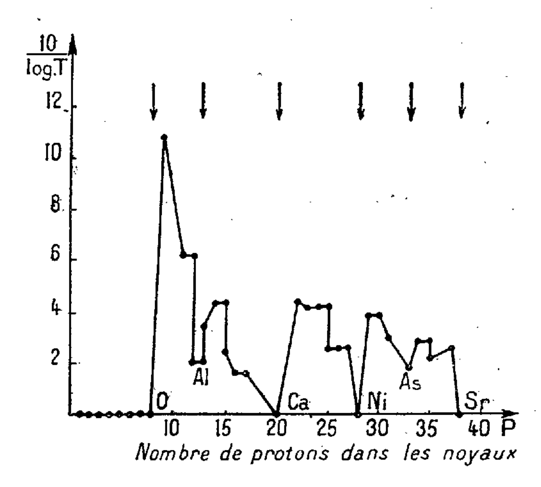
([4]) *Journ. de Phys et le Rad.*, 7e série, 5, 1934, p. 389.

([5]) On obtient une courbe analogue si l'on porte en abscisses les P des radioéléments créés.

Nous obtenons ainsi la courbe ci-dessous.

Nous avons tracé en trait plein correspondant aux couches et aux sous-couches dont nous donnerons dans la suite l'explication. On peut donc énoncer les lois suivantes concernant l'allure remarquable de la courbe :

1° Dans chaque couche neutronique des éléments excités, l'inverse de logarithme de périodes des radioéléments induits par neutrons décroît par



Courbe de périodes T de la radioactivité induite par des neutrons.

petits sauts et souvent par paliers depuis le début de la couche jusqu'à la fin.

2° Elle s'annule à la fin d'une couche, ses valeurs au début d'une couche décroît quand le numéro d'ordre des couches croît.

L'allure discontinue de cette courbe est d'ailleurs à comparer à celle de la courbe de fréquence des isotopes indiquées par W. M. Isasser (*loc. cit.*) et nous-même ([1]) et à celle de masse de Monod-Herzen ([2]).

Entre He_2^4 et O_8^{16} il n'y a pas de radioactivité induite, ceci correspond à une stabilité monotone de ces éléments légers (He, Li, Be, B, C, N, O) vis-à-vis des neutrons incidents et s'accorde bien avec les limites de stabilité indiquées par Guggenheimer ([3]).

Considérons maintenant les éléments plus lourds à partir de l'oxygène. Fermi et ses collaborateurs ont indiqué 14 éléments qui ne présentent pas

---

([1]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 62.

([2]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 859.

([3]) *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 213.

de radioactivité induite par bombardement de neutrons, ce sont les éléments O, Ca, Ni, Sr, Y, Ru, Sn, La, Ce, Ta, Re, Os, Pb, Bi. La répartition des isotropes de ces éléments par rapport aux droites N = const. (N = nombre de neutrons dans le noyau) indiquées par Elsasser comme correspondant à la fin d'une couche neutronique est très significative. Dans 11 cas sur 14 les isotopes les plus fréquents des éléments sont situés sur ces droites ou dans le voisinage immédiat de ces droites [1]. Font exception les éléments Ca, Su, Ta, Re. Il est également remarquable que deux éléments (Sn, Pb) ont une couche protonique fermée.

La transition entre Al et Si est marquée par deux séries dont les éléments ont la même période et dont un a deux périodes (Mg^{24}_{12} et P^{31}_{15}), une courte et une longue. Le même fait se produit avant et après le nickel qui correspond à la couche $4f$ (Mn^{55}_{25} et Zn^{64}_{30} ?).

Mais la transition entre Al et Si n'entre pas dans la classification générale des couches. On peut lever cette difficulté en admettant qu'il y a une sous-couche fermée pour N = 14, la sous-couche comportant 6 neutrons. De même on peut expliquer la transition entre As et Se par une sous-couche pour N = 42 avec sous-couche de 10 neutrons (voir la figure).

Enfin on remarquera que les discontinuités des périodes coïncident aussi avec la classification de Harkins au point de vue du pourcentage de la répartition des éléments sur le globe terrestre (H, O, Si, Ca, Fe, etc.) parce que précisément notre classification est presque identique à celle de Harkins comme Elsasser l'a déjà fait remarquer (*loc. cit.*).

En résumé, on peut considérer les expériences de la radioactivité induite par neutrons comme étant une nouvelle preuve expérimentale très frappante de l'existence des couches de particules (neutrons et protons) dans les noyaux.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration du béryllium par les rayons* γ. Note de M. **Wolfgang Gentner**, présentée par M. Jean Perrin.

Récemment, Chadwick et Goldhaber [2] ont pu montrer que le diplon peut être désintégré par les rayons γ. Comme il était prévu par ces auteurs,

---

(1) Selon une Communication personnelle de M. Elsasser, cela sera montré pour les éléments Ca, Os, Pb, Bi dans un travail qui paraîtra bientôt.

(2) *Nature*, 134, 1934, p. 237.

Szilard et Chalmers (¹) ont observé une émission des neutrons en irradiant le béryllium par les rayons γ du radium. La preuve de l'émission des neutrons était effectuée dans ce cas par la méthode de Szilard sur la séparation des isotopes. Nous avons répété les expériences sur la désintégration du béryllium en employant une vieille source de mésothorium en équilibre avec ses dérivés et une source de radium de 200^{mg}. Pour l'indication de l'émission des neutrons, nous nous sommes servi d'un compteur de Geiger-Müller avec une fenêtre en argent couverte de 3^{cm} de paraffine pour augmenter l'action des neutrons (Fermi). En observant la radioactivité artificielle produite par les neutrons dans l'argent, nous avons pu mesurer le nombre relatif des neutrons émis par le béryllium sous l'action des rayons γ. Un morceau de béryllium était mis directement sur la paraffine, et la distance entre le compteur et la source était de 12^{cm}.

Nous avons étudié d'abord le nombre des neutrons émis par le béryllium avec la source de radium en plaçant des filtres en plomb et en aluminium entre la source et le béryllium; nous avons obtenu les chiffres indiqués dans le tableau :

Plomb.			Aluminium.		
Épaisseur du filtre.	Nombre des électrons.	Intensité rel.	Épaisseur du filtre.	Nombre des électrons.	Intensité rel.
cm	cm²		cm	cm²	
0	–	10	0	–	10
0,1	$2,7.10^{23}$	11	0,8	$6,3.10^{23}$	11
0,2	5,4 »	12	1,6	12,6 »	12
0,3	8,1 »	10	2,4	18,9 »	11
1,0	27,2 »	5,5	3,2	25,2 »	10
2,0	54,4 »	3,2			

On voit que, pour les deux filtrages, l'intensité des neutrons augmente d'abord un peu et décroît ensuite assez rapidement, au moins dans le cas du plomb. Cette décroissance de l'intensité donne un coefficient d'absorption qui doit indiquer l'énergie la plus favorable des rayons γ pour la désintégration du béryllium. Le calcul d'après ce coefficient d'absorption donne une valeur de $0,9.10^6$ eV pour cette énergie. Bethe et Peierlo (²) ont fait des considérations théoriques sur la désintégration photoélectrique et ils ont trouvé que la section efficace augmente avec l'énergie des rayons γ, atteint un maximum pour $h\nu$ égal à deux fois le potentiel d'ionisation nucléaire et

(¹) *Nature*, 134, 1934, p. 437.

(²) *International Conference on Physics*, London, octobre 1934.

décroît ensuite. On peut supposer que notre valeur de $0,9.10^6$ eV correspond à ce maximum de la section efficace et que le potentiel d'ionisation pour extraire le neutron dans le cas du béryllium est de $0,45.10^6$ eV. L'interprétation de ces maxima, que nous avons observés pour le nombre des neutrons après un filtrage de $0^{cm},2$ Pb et de $1^{cm},6$ Al, est possible par les rayons diffusés qui s'ajoutent au rayonnement primaire. En outre, les rayons des composantes plus dures que $0,9.10^6$ eV deviennent plus efficaces par la diffusion.

Notre interprétation des résultats obtenus avec le radium B + C est essentiellement soutenue par nos mesures sur l'efficacité du rayonnement de mésothorium pour cet effet de désintégration du Be. Nous avons pu constater que le rapport de l'efficacité du radium B + C à l'efficacité du mésothorium et dérivés est de 10 : 4,1 pour les deux sources, qui ont montré la même intensité du rayonnement γ après un filtrage de $0^{cm},5$ à 1^{cm} Pb. Le rayonnement du mésothorium et dérivés est alors beaucoup moins efficace pour ce processus parce que la composante très intense de $2,65 \times 10^6$ eV est déjà loin du maximum de l'efficacité et montre en conséquence une section efficace plus petite pour ce processus. Le radium B + C possède des rayons γ d'énergie voisine du maximum d'efficacité, tandis que le mésothorium + dérivés n'émet pas de lignes intenses dans ce domaine.

On peut enfin calculer la masse du béryllium à l'aide de ces résultats, en admettant que le noyau est formé de deux particules α et d'un neutron et que l'énergie de liaison est de $0,45 \times 10^6$ eV. On obtient alors 9,013 pour la masse de Be_9 en prenant pour masse du neutron la valeur moyenne de $1,0090 \pm 0,0005$. La massse de Be_9 ainsi calculée est plus faible de 0,0025 unité de masse que celle qui a été mesurée directement par Bainbridge.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Constitution des particules élémentaires et forces nucléaires*. Note de M. **Walter M. Elsasser**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est bien connu que les interactions entre les particules constituant les noyaux atomiques sont beaucoup plus grandes que les interactions électromagnétiques de ces particules pour des distances comparables aux dimensions des noyaux. Nous ne voulons cependant pas admettre que, dans le vide, il existe un autre type de champ que le champ électromagnétique.

Nous devons en conclure que les énergies que nous observons dans les liaisons nucléaires *sont localisées dans la région où les équations de Maxwell pour le vide cessent de valoir, c'est-à-dire à l'intérieur des particules élémentaires elles-mêmes*. Il est indispensable pour toute théorie de la structure nucléaire de tenir compte de l'extension finie et de la structure intérieure des particules. En d'autres termes, il faut construire un *modèle* d'une particule élémentaire.

Dans la théorie du continu on doit démontrer l'existence des particules, c'est-à-dire on doit expliquer pourquoi une certaine quantité d'énergie se maintient à l'intérieur d'une partie limitée de l'espace sans se dissiper de plus en plus. C'est un problème d'ordre essentiellement classique et sans rapport avec l'opération de quantification; c'est également la théorie classique qui nous a fourni la solution de ce problème en démontrant qu'il existe une classe de champs dont, à la rigueur, l'énergie ne se dissipe pas. Ce sont les champs *tourbillonnaires* (Helmholtz, W. Thomson). Un anneau tourbillonnaire en électrodynamique n'est rien d'autre qu'un courant circulaire. La présence d'un tel courant dans toutes les particules élémentaires se signale par le *spin* dont l'existence apparaît de notre point de vue comme la condition essentielle de la persévérance des particules dans le temps.

Prenons d'abord le cas de l'électron. Nous nous représentons l'électron sous la forme d'un tube annulaire à l'intérieur duquel la charge e se déplace avec une vitesse c. Le rayon de l'anneau sera $R = h/2\pi mc$ et le moment magnétique produit sera un magnéton de Bohr. Appliquons un modèle analogue au neutron et au proton, où nous avons numériquement $R = 2,1.10^{-14}$ cm. Ici, on ne peut plus affirmer que le moment magnétique soit produit par le mouvement d'une seule charge e; on pourrait par exemple supposer que, dans le neutron, deux charges opposées se déplacent avec des vitesses opposées. Toutefois, sans nous fixer sur des détails trop spéculatifs, nous admettrons que les anneaux ont environ le rayon R et qu'ils conduisent des courants appropriés à produire les moments magnétiques mesurés.

Les forces magnétiques entre deux anneaux de ce genre ne sont pas suffisamment grandes pour expliquer à elles seules une liaison. Mais on peut s'attendre que les interactions nucléaires présentent le même type de symétrie que celles de deux courants circulaires. On trouve une attraction entre deux courants macroscopiques s'ils sont parallèles. Remarquons cependant que leur rapprochement correspond à une *augmentation* de l'énergie magnétique, l'énergie nécessaire étant fournie par la source extérieure du courant. Le signe des interactions nucléaires est l'opposé,

c'est-à-dire il correspond au vrai signe de l'énergie magnétique. Puisque le neutron a un moment magnétique négatif, nous obtenons le schéma d'interaction suivant :

Neutron-proton.	Spins parallèles : attraction. Spins antiparallèles : répulsion.
Neutron-neutron. Proton-proton.	Spins parallèles : répulsion. Spins antiparallèles : attraction.

Ce schéma peut rendre compte d'un grand nombre de propriétés nucléaires.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Mesure en laboratoire de l'indice de rugosité des revêtements de route.* Note de M. **André Léauté**, transmise par M. Georges Charpy.

Au cours de ces dernières années, en France, en Grande-Bretagne, aux Pays-Bas, les Administrations ont mis en usage des appareils destinés à comparer l'indice de rugosité des revêtements en service, c'est-à-dire l'aptitude de ces revêtements à empêcher le dérapage des véhicules qui roulent sur eux. Mais ces appareils, parmi lequels celui de la Ville de Paris dû à M. Boutteville paraît le plus perfectionné, s'ils donnent le moyen de contrôler la qualité d'un revêtement une fois réalisé, sont impuissants à faire prévoir avant la construction de la route, par des essais sur de petits échantillons, ce que pourra être l'indice de rugosité. Il importait que l'ingénieur chargé d'élaborer la formule du revêtement fût doté d'un instrument qui lui permît de prendre pour guide une mesure faite en laboratoire sur des maquettes de dimensions réduites.

L'appareil que j'ai réalisé, avec la collaboration de M. G. Dupont, est formé d'un châssis tiré par le fil d'un treuil et roulant, par trois petits galets, sur deux rails, qui sont posés sur la maquette de $15^{cm} \times 15^{cm}$ à étudier. Le châssis, qui est lesté, comprend un axe sur lequel, par l'entremise de billes, est montée une roue de 5^{cm} de diamètre munie d'un bandage caoutchouté plein. L'axe de la roue est libre de coulisser dans une direction normale à l'avancée de la roue, et il est sollicité dans cette direction par une force, dont la grandeur se règle à volonté et se mesure.

Sous l'influence de cette force, la roue subit en roulant un déplacement latéral progressif, qui s'accompagne parfois de glissements brusques. Comme il s'agit d'essais comparatifs, on adopte arbitrairement pour valeur

de dérapage celle qui correspond soit à un déplacement latéral progressif égal à 20 pour 100 du chemin longitudinal, soit à un glissement brusque; à ce moment, le rapport de la force latérale à la force verticale exercée sur la roue fournit une mesure relative de l'indice de rugosité.

L'exiguïté des échantillons cause une difficulté sérieuse; on ne saurait donner à la vitesse de la roue une valeur comparable à celle des automobiles sans risquer d'étendre à toute la mesure le trouble dû à l'entrée de la roue sur l'échantillon; mais l'abaissement de l'indice de rugosité sous l'influence de l'humidité, qui créé en pratique le danger de dérapage, ne se manifeste sur route que pour les vitesses élevées, de l'ordre de 30^{km} par heure au moins. L'appareil de laboratoire risquait donc de mal mettre en lumière le point le plus important de l'étude. On a constaté toutefois, qu'à condition de lester la roue de l'appareil de laboratoire de façon qu'elle exerçât sur le sol une pression deux à trois fois plus grande que dans l'appareil Boutteville, on obtenait une classification des revêtements, en fonction de leur indice de rugosité sous l'eau, qui se trouvait en harmonie avec la classification tirée des essais à grande échelle.

Le tableau ci-dessous résume les résultats, dont le détail sera donné dans un autre Recueil. Ils ont trait, pour la plupart, à des échantillons extraits de chaussées après un long service.

	Indice de rugosité sur revêtement	
	sec.	humide.
Verre	0,41	0,31
Asphalte comprimé en service	0,69	0,42
Fer ou bois raboté	0,62	0,51
Asphalte comprimé hors service (non lissé)	0,69	0,54
Béton bitumeux	0,62	0,62
Goudron-charbon gravillonné	0,65	0,62

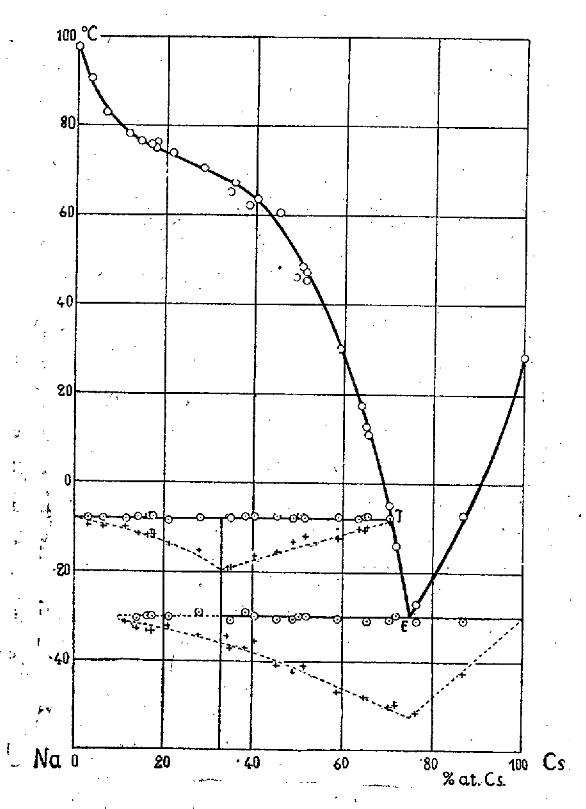
Les coefficients de la première colonne confirment l'opinion déjà formulée que, à sec, la plupart des revêtements sont antidérapants. Par contre, à l'état humide, il y a des variations importantes. Les coefficients de la deuxième colonne établissent entre les revêtements considérés un classement corroboré par la pratique courante.

En résumé, l'appareil et la méthode donnent la possibilité à l'ingénieur de prédéterminer l'indice de rugosité d'un revêtement nouveau, et de régler ses formules, avant toute réalisation sur route, par des mesures de laboratoire sur maquettes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagrammes de solidification des alliages formés par deux métaux alcalins : Alliages sodium-cæsium.* Note (1) de M. **E. Rinck**, présentée par M. G. Urbain.

Poursuivant l'étude des alliages formés par deux métaux alcalins nous avons entrepris l'analyse thermique des mélanges sodium-cæsium de façon analogue à celle déjà décrite (2).

Le cæsium était préparé par action du calcium sur du chlorure de cæsium



pur, le métal obtenu était soumis ensuite à une double distillation fractionnée dans le vide. Sa température de fusion a été trouvée égale à 28°,3 C.

Résultats. — Le diagramme de solidification, tel qu'il résulte des nombreuses analyses thermiques que nous avons effectuées, est reproduit dans la figure ci-dessus.

---

(1) Séance du 12 novembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 49.

Il est caractérisé par un point d'eutexie E (75 pour 100 atomes de Cs; —30° C.) et un point de transition T (71 pour 100 atomes de Cs; —8° C.). La branche ET correspond au dépôt d'une combinaison nouvelle de formule Na^2Cs.

Pendant le refroidissement même lent des alliages moins riches en cæsium que le mélange T, la réaction : Liquide T + Na solide = Na^2Cs est à peine amorcée. Ceci se traduit sur les courbes de refroidissement par des paliers de transition très petits. Nous avons alors maintenu les mélanges à —12° C. pendant des temps allant jusqu'à 72 heures consécutives sans pouvoir rendre complète la réaction. En effet sur les courbes d'échauffement nous avons retrouvé trace du palier eutectique jusqu'à la composition de 10 pour 100 de cæsium.

Grandeur moléculaire du potassium, du rubidium et du cæsium au point de fusion du sodium. — La constante cryoscopique moléculaire du sodium, calculée à partir de la chaleur de fusion, a été trouvée égale à 435. Des mesures de pentes effectuées sur les liquidus des systèmes Na-K, Na-Rb et Na-Cs ont montré que l'abaissement à l'origine du point de congélation du sodium est de 400° C. pour une molécule-gramme de potassium, de 360° C. pour une molécule-gramme de rubidium (1) et de 265° C. pour une molécule-gramme de cæsium.

Le poids moléculaire, tiré de ces chiffres, serait de 46 pour le potassium, de 104 pour le rubidium et de 218 pour le cæsium. Ceci correspond pour le potassium à 18 pour 100 molécules de K^2, pour le rubidium à 22 pour 100 molécules de Rb^2, et pour le cæsium à 64 pour 100 molécules de Cs^2.

Grandeur moléculaire du sodium. — Jouniaux (2) a mis en évidence qu'aux températures supérieures à 63°,5 C. (point de fusion du potassium) le molécule de sodium est sensiblement monoatomique. Confirmation de ce fait est donnée par la cryoscopie du sodium dans le rubidium et dans le cæsium (constantes moléculaires 371 et 363). Le poids moléculaire du sodium, déduit de ces mesures, serait 23,6 et 22,4.

Il paraît y avoir exception pour les solutions du sodium dans le potassium. En effet les mesures de Kurnakow (3) donneraient 28, celles de Van Bleiswijk (4) et les nôtres 35 comme poids moléculaire du sodium.

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1404.
(2) *Bull. Soc. chim*, 35, 1924, p. 1607.
(3) *Z. anorg. Chemie*, 30, 1902, p. 109.
(4) *Z. anorg. Chemie*, 74, 1912, p. 152.

Dans ces conditions il semble logique d'admettre qu'en particulier sur notre diagramme Na—K, la pente du liquidus près du point de fusion de potassium est légèrement différente de celle que nous avons indiquée. Quelques mesures au voisinage de ce point permettront de lever le doute.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Transformations physicochimiques des sols de gomme arabique au cours du chauffage.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mme **Madeleine Roy**, présentée par M. Delépine.

Par ébullition, une solution de gomme arabique est le siège d'une hydrolyse au cours de laquelle elle acquiert la propriété de réduire la liqueur de Fehling ([1]). Les variations d'ordre physicochimique qu'elle éprouve ne sont pas moins importantes, comme le montrent les mesures de viscosité et de densité optique auxquelles nous avons procédé sur une solution de gomme arabique chauffée au bain-marie à 100° pendant des temps croissants. La viscosité η était mesurée à 26° au moyen du viscosimètre Baume-Vigneron et la densité optique h à la température du laboratoire, pour la longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},540$ au moyen du spectrophotomètre de Jobin et Yvon. Le tableau suivant donne les valeurs de $\eta/\eta_0 - 1$ (où η_0 désigne la viscosité de l'eau à 26°), de h et du facteur $\omega = 1/h\,(\eta/\eta_0 - 1)$ lié, comme l'un de nous l'a établi antérieurement ([2]), au nombre de particules que fournit 1^g^ de la matière dispersée prise à l'état sec.

Durée de chauffage.	$\eta/\eta_0 - 1$.	h.	ω.
0 heure	7,50	0,125	60
1 »	7,16	0,292	24,5
2 heures	6,70	0,314	21,3
3 »	6,58	0,330	19,9
4 »	6,24	0,336	18,6
6 »	5,89	0,360	16,4
8 »	5,78	0,370	15,6
10 »	5,55	0,412	13,5

La viscosité diminue progressivement à mesure que croît la durée du

(1) Amy, *Bull. Soc. Chimie biologique*, **10**, 1928, p. 1079.

(2) A. Boutaric, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1332; *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, **49**, 1931, p. 389.

chauffage, ce qui indique, d'après la formule d'Einstein [1], une diminution du volume total des particules dispersées. La densité optique augmente d'une manière notable tandis que le facteur ω diminue progressivement, d'où il faut conclure que le nombre des particules de gomme arabique par unité de volume va lui-même en diminuant.

Tous ces résultats s'interprètent bien en admettant qu'il se produit au cours du chauffage une agglomération des particules en suspension qui entraîne une diminution de leur volume total. Si l'on admet avec Kruyt qu'une particule est constituée par un noyau de gomme arabique plus ou moins gonflé par hydratation entouré d'une couche diffuse de molécules d'eau dont les dipôles sont de moins en moins orientés à mesure qu'on s'éloigne de la particule, on conçoit que le volume total de la couche diffuse pour une particule formée par l'agglomération d'un certain nombre de particules élémentaires puisse être inférieur au volume des couches diffuses relatives à ces particules avant leur condensation.

2. Au moyen du tensiomètre de M. Lecomte du Noüy, nous avons suivi en fonction du temps, à la température de 17°, la tension superficielle en dynes par centimètre de la solution de gomme arabique avant toute ébullition (A), après une ébullition d'une heure (B) et de 8 heures (C).

t.	A.	B.	C.
5 minutes	73,5	72,7	70,8
10 »	73	71,2	68,6
30 »	71	67,2	65
1 heure	69,5	65	63,2
2 heures	68,5	63	62,3
3 »	68	62,4	62
4 »	67,8	62,3	61,5

Les mesures rapportées dans le tableau précédent montrent : *a*, que la gomme arabique abaisse la tension superficielle de l'eau, l'abaissement allant en croissant en fonction du temps pour tendre vers une limite, comme c'est le cas pour beaucoup de solutions de colloïdes hydrophiles; *b*, que la transformation éprouvée par la solution au cours de l'ébullition augmente l'abaissement de tension superficielle.

3. On classe souvent les colloïdes en colloïdes micellaires dont les particules seraient formées d'un conglomérat de molécules élémentaires et en

---

[1] Il s'agit ici d'une formule d'Einstein généralisée de la forme $\eta = \eta_0(1 + k\varphi)$, k pouvant avoir une valeur supérieure à 2,5.

colloïdes moléculaires dont les particules seraient de véritables molécules différant uniquement des molécules des cristalloïdes usuels par leur masse élevée et leur structure complexe. Tandis que les sols des colloïdes micellaires sont en évolution incessante, ceux des colloïdes meléculaires se caracteriseraient par une parfaite stabilité. Il résulte de nos expériences que la gomme arabique ne saurait être classée, comme on le fait quelquefois, parmi les colloïdes moléculaires. Ces expériences s'accordent beaucoup mieux avec l'hypothèse que la gomme existe dans les hydrosols à l'état de micelles, le sol éprouvant au cours de l'ébullition une hydrolyse accompagnée d'un grossissement des micelles, analogue à celle qui s'observe au cours du temps dans les sols d'hydrate ferrique et qu'on envisage souvent depuis Grimaux comme l'un des mécanismes les plus importants de formation et d'évolution des solutions colloïdales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la tension superficielle sur la vitesse d'ascension des solutions aqueuses à travers les corps poreux.* Note de Mlle **Paulette Berthier**, présentée par M. Delépine.

Dans la théorie qu'il a proposée pour rendre compte de l'ascension des liquides dans les corps poreux, M. C. E. Guye (1) n'a fait intervenir que la densité et la viscosité du liquide. Certains auteurs (2) ont signalé que la tension superficielle du liquide peut avoir une influence importante sur la vitesse d'ascension de ces liquides dans les corps poreux, et l'on désigne souvent cette ascension sous le nom d'ascension capillaire ou électrocapillaire.

Nous nous sommes proposé d'étudier d'une manière directe l'influence de la tension superficielle sur la vitesse d'ascension des liquides dans les corps poreux. Pour cette étude il nous a paru préférable d'utiliser, non des liquides de nature différente, comme l'avait fait antérieurement P. de Heen (3), car on sait que la densité, la viscosité et la structure moléculaire du liquide peuvent intervenir dans le phénomène, mais un même liquide, l'eau par exemple, dont la tension superficielle aurait été modifiée par addition d'une substance tensio-active prise sous une concentration très

(1) C. E. Guye, *Helvetica physica Acta*, **2**, 1929, p. 445.
(2) Bell and Cameron, *Journal of physical Chemistry*, **10**, 1906, p. 658.
(3) P. de Heen, *Bull. de l'Acad. Roy. de Belg.*, **11**, 1909, p. 549.

faible. Nos expériences ont porté sur des solutions de camphre, d'alcool isoamylique, de menthol et de saponine.

Nous avons comparé les vitesses d'ascension de ces diverses solutions avec celle de l'eau dans des bandes de papier filtre, en atmosphère saturée d'humidité et à la même température. Nous avons déterminé d'autre part la tension superficielle des solutions à la température où se fait l'ascension. Pour les solutions de camphre, d'alcool isoamylique et de menthol, dont les tensions superficielles dynamiques ne diffèrent pas sensiblement de leur valeur statique, nous avons utilisé la méthode des gouttes et employé à cet effet un compte-gouttes de Duclaux. Pour les solutions de saponine, substance à grosses molécules dissymétriques, les tensions superficielles évoluent avec le temps; aussi avons-nous déterminé les valeurs statiques de ces tensions superficielles au moyen d'une méthode d'arrachement.

Les expériences ont été faites dans une cave dont la température a varié seulement entre 12°,2 et 14°,5 au cours des diverses journées nécessaires aux essais. Nous donnons ci-dessous les tensions superficielles γ des diverses solutions :

A. Solution saturée de camphre ($\theta = 12°,2$, $\gamma = 51,45$ dynes/cm).
B. Solution saturée d'alcool isoamylique ($\theta = 13°$, $\gamma = 27,5$ dynes/cm).
C. Solution saturée de menthol ($\theta = 14°,5$, $\gamma = 61$ dynes/cm).
D. Solution de saponine à 5g par litre ($\theta = 12°,8$, $\gamma = 43,5$ dynes/cm).

Le tableau suivant donne les hauteurs d'ascension en centimètres : h_0 pour l'eau, h pour ces diverses solutions, dans un papier filtre épais mou, marque Durieux (masse par décimètre carré : 1g,535, teneur en cendres : 0g,9 pour 100).

	A.		B.		C.		D.	
t.	h_0.	h.	h_0.	h.	h_0.	h.	h_0.	h.
10 minutes....	9,5	9,5	9,8	9,7	9,6	9,6	9,7	9,7
20 »	12,7	12,8	13,2	13,1	13,5	13,6	12,6	12,8
30 »	15,5	15,2	15,8	15,7	15,7	15,9	15,1	15,2
1 heure......	20,2	20,2	20,5	20,6	21,4	21,4	20,3	20,2
1 h. 30.......	23,8	23,8	24,4	24,3	25,2	25,1	24,3	24,2
2 heures	26,5	26,5	27	27,2	28	27,8	27,1	27,2
3 »	30,7	30,7	31,4	31,5	32,5	32,4	31,7	31,5

Pour les solutions de saponine plus concentrées (à partir de 5g par litre), on note une légère diminution de la vitesse d'ascension, qui croît avec la concentration, mais la viscosité des solutions va en augmentant

avec la concentration et la diminution de la vitesse d'ascension semble attribuable à cette augmentation de viscosité; en effet la variation du quotient t/h^2 en fonction de la viscosité η a la même allure pour les solutions de saponine et pour des solutions de saccharose dont les tensions superficielles sont très voisines de celle de l'eau.

Il résulte de nos mesures que la tension superficielle ne joue qu'un rôle insignifiant, sinon nul, dans la vitesse d'ascension des solutions aqueuses à travers les corps poreux. Comme l'avait fait remarquer M. A. Boutaric ([1]) à propos de recherches sur l'ascension des solutions colloïdales à travers les corps poreux, il semble qu'il n'y ait aucune raison de désigner le phénomène sous le nom d'ascension capillaire ou électrocapillaire, susceptible de prêter à confusion, et qu'il soit préférable d'adopter celui d'imbibition à travers les corps poreux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de certains alliages définis.* Note de M. **Pierre Pingault**, transmise par M. Georges Charpy.

Les composés définis que forment les métaux entre eux ont fait l'objet d'études dont les conclusions sont loin d'être toujours concordantes. C'est, d'ordinaire, d'après des observations d'ordre physicochimiques qu'on est conduit à admettre l'existence de telle ou telle combinaison entre deux métaux, mais il est exceptionnel qu'on soit arrivé à vérifier ces conclusions par voie chimique en isolant le composé défini.

Pour préparer un tel composé, la méthode de choix consiste à opérer par synthèse, en partant d'un des éléments à l'état libre et en le faisant agir sur combinaison où figure le deuxième élément, surtout quand cette combinaison peut être choisie de telle façon que son excès soit facile à éliminer.

Ce procédé a été employé dans quelques cas pour préparer des composés d'un métal et d'un métalloïde, analogues à ceux que forment deux métaux entre eux. Ainsi, par action du fer sur le siliciure de cuivre, M. Lebeau ([2]) a pu isoler certains composés du fer et du silicium. De même, en faisant agir à basse température le fer sur des composés du carbone tels que les cyanures alcalins et l'oxyde de carbone, M. Charpy ([3]) et moi-

---

([1]) A. Boutaric, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2247.
([2]) Lebeau, *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 933.
([3]) Charpy, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 1000.

même (¹) avons pu préparer à l'état pur la cémentite et en étudier diverses propriétés.

En suivant certaines indications qui m'ont été fournies par MM. Charpy et Decorps, j'ai appliqué une méthode semblable à la préparation du composé fer-étain le plus riche en étain, de formule $FeSn^2$, composé qui joue un rôle important dans l'étamage et dans la soudure du fer.

Ce composé est difficile à réaliser par union directe des deux éléments. Le fer ne se combine pratiquement pas avec l'étain aux basses températures, ainsi que l'ont montré Edwards et Preece dans des travaux récents (²) et, d'autre part, le composé cherché n'est stable qu'au-dessous de 496°.

On peut, par contre, l'obtenir en grandes quantités en faisant réagir, sur l'étain fondu, certains composés du fer à des températures inférieures à 300°.

Ainsi, par exemple, en mettant en présence, à la température de 250°, de l'étain pur et une solution de chlorure de zinc chargée de chlorure ferreux, on obtient, au bout d'un temps assez court, le composé défini sensiblement pur. Une partie de l'étain réagit sur le chlorure ferreux pour donner du chlorure stanneux qui se décompose ultérieurement en oxychlorure et le fer mis en liberté réagit sur le restant de l'étain.

Dans une expérience, j'ai ainsi obtenu les chiffres suivants :

Au bout de	6 heures	l'étain contenait	15,2	pour 100 de fer
»	8	»	19,1	»
»	12	»	18,9	»

pour 19,04 pour 100 théorique.

Le chlorure de zinc ne sert d'ailleurs, dans ce cas, qu'à réaliser une solution bouillant à 250°. En opérant en autoclave, j'ai pu éviter entièrement l'emploi du chlorure de zinc.

En appliquant cette méthode, j'ai chauffé de l'étain en présence d'une solution de chlorure ferreux contenant 340^g de $FeCl^2$ par litre. Après 26 heures de chauffage, le culot d'étain contenait en moyenne 9 pour 100 de fer. L'alliage était fortement hétérogène et les parties les plus riches en fer en contenaient jusqu'à 14 pour 100. Cette hétérogénéité est due au fait que le composé $FeSn^2$ prend naissance à la surface de l'étain, avant même que la fusion ait lieu, et, en l'absence d'une agitation suffisante, protège le

(¹) Pingault, *Ann. de Chimie*, 20, 1933, p. 371.

(²) Edwards et Preece, *Journ. Iron Steel Institute*, 124, 1931, p. 41.

restant de l'étain contre toute action ultérieure. On peut d'ailleurs traiter la masse métallique par du chlorure ferreux, après pulvérisation, dans une deuxième ou une troisième opération, de façon à l'enrichir progressivement en fer. Les dernières traces d'étain non combiné sont éliminées par des lavages à l'acide nitrique de densité 1,2, dans lequel le composé $FeSn^2$ est insoluble.

On arrive ainsi à préparer ce composé à des températures inférieures à 300° par action directe du chlorure ferreux sur l'étain. C'est, par un processus analogue qu'il prend naissance dans l'étamage du fer. Le chlorure de zinc servant au décapage réagit sur le fer en présence d'eau pour donner de l'oxychlorure de zinc et du chlorure ferreux.

Si en effet, on maintient du fer au contact d'une solution de chlorure de zinc, aux environs de 250°, on constate une dissolution rapide du métal, avec production de chlorure ferreux et dégagement d'hydrogène, le chlorure de zinc passant à l'état d'oxychlorure.

C'est le chlorure de fer ainsi formé, et maintenu en solution dans le chlorure de zinc qui réagit sur l'étain pour donner le composé $FeSn^2$ constituant des mattes que l'on rencontre dans les bains d'étain fondu servant à l'étamage du fer.

On peut isoler ce composé du sein de ces mattes par voie chimique ou par voie purement mécanique. Ainsi en attaquant les mattes par de l'acide azotique au quart, puis par de l'acide azotique de densité 1,2, on obtient des poudres métalliques titrant très sensiblement 19 pour 100 de fer.

Dans une autre opération, j'ai comprimé ces mattes à chaud à une température voisine de 290° sous une pression de 20 tonnes par centimètre carré, j'ai ainsi obtenu une pastille contenant 19,5 pour 100 de fer.

Cette méthode de préparation des composés, par voie de synthèse indirecte, paraît être générale et peut s'appliquer, en particulier, à d'autres métaux.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche et dosage rapide du chlore actif très dilué dans l'eau.* Note de M. **Lucien Leroux**, présentée par M. A. Desgrez.

La recherche du chlore actif très dilué dans l'eau présente une grande importance pratique depuis que, dans de nombreuses villes, les eaux d'alimentation, avant d'être envoyées dans les canalisations, et les eaux de piscines de natation, après avoir été utilisées par les baigneurs, sont soumises

à un traitement de purification bactérienne par de minimes quantités de chlore actif fourni par du chlore gazeux et par des hypochlorites.

Malheureusement, cette recherche s'avère difficile lorsque la dose de chlore libre descend au-dessous de $0^{mg},5$ par litre [1].

Nous sommes parvenu à fixer une méthode simple et d'une extrême sensibilité pour la recherche et le dosage sur le lieu même du prélèvement.

Principe. — Cette méthode applique une réaction colorée très sensible du brome indiquée par MM. G. Denigès et L. Chelle en 1912 : la coloration violette d'une solution aqueuse de fuchsine sulfurique [2].

Si à une solution même très étendue de chlore libre dans l'eau, on ajoute un cristal de bromure de potassium, il y a libération de brome, molécule à molécule, et celui-ci peut être aisément caractérisé et dosé au moyen de la réaction de Denigès-Chelle, car la coloration, aux dilutions considérées, est proportionnelle aux quantités de brome libre existant. De la quantité de brome trouvée, on déduit aisément celle du chlore [3].

Sensibilité. — Cette réaction permet de caractériser et de doser des quantités de chlore libre comprises entre $0^{mg},005$ et $0^{mg},700$ par litre [4].

Le colorant formé est très stable. La présence de matières organiques telles que l'urée, à la dose de 300^{mg} par litre, celle de nitrates, même en fortes doses (300 à 400^{mg} d'azote par litre) ne gênent ni la recherche, ni le dosage.

Mode opératoire. Réactif. — On le prépare en versant 10^{cm^3} d'une solution aqueuse de fuchsine au $1/1000^e$ dans 100^{cm^3} d'acide sulfurique au $1/20^e$. Le réactif se décolore en 1 heure; il est inaltérable.

Recherche. — A 50^{cm^3} d'eau chlorée à examiner, contenus dans un tube à

(1) Parmi les réactifs connus, le *réactif iodo-amidonné* a pour limite de sensibilité $0^{mg},1$, de chlore libre par litre. Le *chlorhydrate d'hexaméthyltriparaminotriphénylméthane* marque encore (coloration violacée) avec $0^{mg},03$ par litre. Mais ce réactif est peu courant. Il doit être préparé par réduction du violet cristallisé (hexaméthylé) au moyen de zinc et d'acide chlorhydrique. L'*orthotoluidine* en solution chlorhydrique donne une coloration jaune perceptible encore avec $0^{mg},02$. Mais la coloration obtenue disparaît rapidement.

(2) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1010.

(3) Les auteurs cités ont montré que ce réactif donne, en présence du chlore, une coloration jaune. Nous avons constaté que la teneur en chlore ne doit cependant pas être inférieure à $0^{mg},3$ par litre et que, d'autre part, cette coloration est peu stable et se prête mal à un dosage.

(4) Au delà de cette dose de $0^{mg},700$ par litre, le colorant formé manque de stabilité.

essai de diamètre tel que l'épaisseur du liquide atteigne environ 15^cm, on ajoute un cristal de bromure de potassium. On agite. Puis, la dissolution effectuée, on verse 1^cm³ de réactif et 1^cm³ d'acide acétique pur. Il se développe alors une coloration rose violette qui se stabilise au bout d'un quart d'heure et que l'on perçoit très nettement, même avec des doses infimes de chlore, si l'on prend soin d'examiner le tube perpendiculairement à la surface du liquide et dans toute l'épaisseur de celui-ci. Le colorant formé est facilement déplacé par agitation avec une petite quantité de chloroforme (3^cm³).

Dosage. — Le dosage est fait colorimétriquement. Un procédé pourrait consister à comparer la teinte obtenue avec une gamme colorée établie au moyen d'une solution d'hypochlorite titrée, en suivant la technique ci-dessus. Mais ceci est relativement compliqué à réaliser sur le terrain. Le procédé suivant nous a paru plus simple et au moins aussi précis.

Partant de l'observation que la coloration obtenue avec la réaction décrite est absolument identique à celle d'une solution diluée (N/500) de permanganate de potassium, il consiste à ajouter goutte à goutte, dans un tube témoin de même diamètre, contenant 49^cm³ d'eau distillée exempte de matières organiques, la solution de permanganate, en agitant fréquemment, jusqu'à l'égalité de teinte avec le tube de réaction.

Si l'on a pris soin au laboratoire de déterminer, au moyen d'une gamme chlorée, le nombre exact de gouttes de solution permanganique nécessaires pour obtenir des teintes correspondantes et de tracer la courbe de cette épreuve en portant en abcisses le nombre de gouttes de solution permanganique et en ordonnées le degré de chloration, il est possible de déterminer sur le terrain, en quelques minutes, avec l'emploi d'un simple flacon compte-gouttes et l'examen de cette courbe, la teneur en chlore libre de l'eau examinée.

La commodité d'emploi et la sensibilité extrême de ce procédé nous font espérer qu'il peut rendre quelques services dans le contrôle de la chloration des eaux chaque fois que l'essai habituel à l'iodure amidonné fait soupçonner des doses de chlore inférieures à 0^mg,5 par litre.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Sur la transposition allylique. Études par l'effet Raman.* Note [1] de M. **Albert Kirrmann**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que l'acroléine conduit par Cl^5P à un mélange de deux dichlorures, isomères synioniques [2], faciles à séparer, et où le produit anormal domine. L'aldéhyde crotonique donnerait, d'aprés Kékulé, un dérivé unique [3]. En réalité, le produit est également un mélange, mais son étude chimique est moins facile. On obtient un produit (mélange des dichlorures), distillant de 120 à 125°, ayant 56,5 pour 100 de chlore. La distillation, du moins avec les moyens employés, ne permet pas de le résoudre en deux paliers, et les réactions chimiques conduisent à des dérivés uniques distillant bien. L'éthylate de sodium ne donne pas l'acétal qu'on pourrait attendre, mais uniquement l'oxyde monochloré déjà connu. D'après son point d'ébullition et sa résistance à un excès de réactif, il n'a pas la formule normale, proposée par Kékulé, mais la formule isomère, $CH^3\,CH(OC^2H^5)\,CH = CHCl$ ($Eb_{760} = 132$ à 133°; $Eb_{46} = 54\text{-}55°$; $d_{16} = 0{,}960$; $n^D_{16} = 1{,}432$). Le spectre Raman présente une seule raie de double liaison, le produit est donc unique. L'acétate de sodium donne l'acétine correspondante ($Eb_{16} = 57\text{-}58°$; $d_{17} = 1{,}090$; $n^D_{17} = 1{,}443$). L'effet Raman devait prouver sans peine que le dichlorure est réellement un mélange des deux isomères synioniques, $CH^3 - CH = CH - CHCl^2$ (normal) et $CH^3 - CHCl - CH = CHCl$ (anormal). Les fractions 120-123° ($d_{20} = 1{,}130$; $n^D_{20} = 1{,}464$) et 124-125° ($d_{18} = 1{,}140$; $n^D_{18} = 1{,}466$) donnent *les mêmes raies*, mais avec des intensités différentes. En particulier, il existe deux raies éthyléniques, 1666 et 1620 cm^{-1}, la première plus forte dans la fraction de tête, l'autre dans la fraction de queue. La première correspond exactement à celle du bromure de crotyle, *trans* [4], la deuxième est plus basse (à cause du Cl vinylique) que celle du méthylvinylcarbinol (1638). Cette confirmation a été complétée par la comparaison avec les homologues inférieurs pour les deux chlorures, avec l'alcool homologue de l'éther ainsi qu'avec son acétate. Les déplacements de fréquence sont bien ceux qu'on peut prévoir.

---

(1) Séance du 5 novembre 1934.

(2) Kirrmann, Pacaud et Dosque, *Bull. Soc. chim.*, 1, 1934, p. 860.

(3) Kékulé, *Lieb. Ann. Chem.*, 62, 1875, p. 98.

(4) Grédy et Piaux, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1235.

Il est à remarquer que tous ces corps semblent exister sous la forme *trans* seule, ou que la forme *cis* est en quantité très faible.

1,1-*dichloropropylène*-2 : 262 F, 337 tf, 416 F, 573 f, 723 m, 771 F, 945 tf, 1028 f, 1211 tf, 1294 m, 1419 m, 1641 TF.

1,3-*dichloropropylène*-2 : 333 F, 417 tf, 447 f, 682 TF, 777 f, 822 m, 925 tf, 1076 f, 1159 m, 1243 F, 1282 m, 1295 m, 1442 f, 1632 TF, 2964 f.

Mélange des deux dichlorobutènes (Eb 124-125°) : 251 f (1), 272 m (2), 366 F (2), 380 m (1), 420 m (2), 458 tf, 642 ∓ 12 bTF (2), 689 tf (1), 734 f (1), 806 m (1), 833 f, 895 tf, 916 f (2), 1017 f (2), 1082 m (1), 1144 F (2), 1206 tf (1), 1223 f (2), 1250 tf, 1289 ∓ 7 bF (2), 1325 tf, 1380 f (1), 1449 F (1), 1621 TF (2), 1666 F (1), 2873 tf, 2920 m, 2987 f, 3046 f.

Alcool β-chloroallylique : 333 f, 385 F, 490 f, 749 tf, 781 f, 809 f, 842 f, 1020 ∓ 15 bm, 1275 F, 1460 m, 1637 F.

Acétate de β-chlorallyle : 239 tf, 311 m, 642 aF, 751 tf, 782 m, 817 af, 851 m, 906 af, 965 af, 1030 aF, 1106 f, 1222 btf, 1292 F, 1362 af, 1382 f, 1450 ∓ 12 bm, 1644 F, 1744 aF, 2884 tf, 2944 F, 3049 m.

1-*chloro-3-éthoxybutène*-1 : 307 m, 359 m, 452 f, 500 m, 802 m, 851 F, 902 f, 1089 m, 1154 m, 1280 TF, 1453 TF, 1633 F, 2867 f, 2934 m, 2986 m.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires des oxydes α bisecondaires de la série aliphatique et de structure normale.* Note de MM. **M. Favorsky**, **M. Tchitchonkine** et **I. Iwanow**, présentée par M. Béhal.

Les transpositions moléculaires des oxydes α secondaires acycliques en cétones sont intéressantes parce qu'elles peuvent donner une indication exacte des positions de l'atome de carbone dans la chaîne normale et son influence sur sa capacité de fixer l'oxygène. Nous avons étudié les transpositions moléculaires des oxydes des méthyléthyl et éthylpropyléthylènes symétriques, chauffés avec Cl^2Zn, et nous avons montré que dans les deux cas pendant la transposition en cétone l'oxygène de l'oxyde est fixé par l'atome de carbone qui occupe la position la plus proche de la périphérie de la chaîne normale

$$\begin{matrix} CH^3-CH^2-CH\diagdown \\ \quad\quad\quad\quad | \quad\;\; O \\ \quad\quad CH^3-CH\diagup \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^3-CH^2-CH^2 \\ | \\ CH^3-CO \end{matrix};$$

$$\begin{matrix} CH^3-CH^2-CH^2-CH\diagdown \\ \quad\quad\quad\quad | \quad\;\; O \\ \quad\quad CH^3-CH^2-CH\diagup \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^3-CH^2-CH^2-CH^2 \\ | \\ CH^3-CH^2-CO \end{matrix}.$$

(1) Raie nettement plus forte dans la première fraction.

(2) Raie nettement plus forte dans la dernière fraction.

Il s'ensuit que dans une chaîne normale les atomes de carbone sont qualitativement différents, ils possèdent à des degrés différents la capacité de fixer l'oxygène. Cette capacité est minima chez les atomes centraux et grandit dans la direction de la périphérie de la chaîne. La capacité affinitaire des radicaux ne peut rien expliquer dans ce cas parce que si dans le second cas la transposition se produit dans la direction du radical, possédant une capacité affinitaire plus petite $CH^3 - CH^2 < CH^3 - CH^2 - CH^2$, dans le premier elle se produit dans la direction du radical, possédant une capacité affinitaire plus grande $CH^3 > CH^3 - CH^2$.

L'oxyde du méthyléthyléthylène symétrique fut obtenu en partant du diéthylcarbinol et en passant par le méthyléthyléthylène symétrique et l'éther monochlorhydrique du glycol correspondant. Ébullition de l'oxyde, 79°-82°; poids spécifique $d_4^0 = 0,8328$, $d_4^{20} = 8\,122$.

L'oxyde fut plusieurs fois chassé par le Cl^2Zn fondu, chauffé à 315-320°. Le produit obtenu fut chaque fois distillé, la fraction supérieure, Eb. 100-110°, fut distillée encore plusieurs fois, Eb_{763} 101-103°, poids spécifique $d_4^0 = 0,8274$; $d_4^{20} = 08083$; R. M. trouvée 25,118; calculée 25,174. La semi-carbazone de la cétone obtenue recristallisée deux fois dans l'eau fondait à 110-111°, ce qui répond à la semi-carbazone de la méthylpropylcétone [1]. La semi-carbazone de la diéthylcétone fond à 139°. Le mélange de la semi-carbazone obtenue avec la semi-carbazone de la méthylpropylcétone possédait le même P. F., le mélange avec la semi-carbazone de la diéthylcétone fondait à 102-107°. L'oxyde de l'éthylpropyléthylène fut obtenu en partant du dipropylcarbinol en passant par l'éthylpropyléthylène symétrique, l'oxydation de ce dernier fut faite d'après la méthode de Prilégeaew [2] au moyen de l'hydroperoxyde de benzoyle. L'oxyde bout à 131-132°; $d_0^0 = 0,8339$; $d_{20}^{20} = 0,8183$. L'oxyde fut chassé par le $ZnCl^2$, chauffé à 320-350°. Une distillation fractionnée des produits de la réaction a fourni la fraction 140-148°, qui donna une semi-carbazone à P. F. 97-98°, répondant à l'éthylbuthylcétone. L'éthylbuthylcétone pure Eb_{748} : 147-148°, obtenue par la décomposition de la semi-carbazone fut oxydée par l'acide chromique. La formation des acides acétique et valérique fut prouvée par l'analyse des sels d'argent.

---

(1) *Berl. Ber.*, 29, p. 611.
(2) *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, 42, 1910, p. 1387.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthylation par la méthode de Fischer du sorbose et de ses dérivés acétylés.* Note de M. **Georges Arragon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons précisé les conditions de la réaction de Fischer [1] et de Lobry de Bruyn et van Enkenstein [2] pour préparer le méthylsorboside et nous l'avons appliquée au tétraacétylsorbose, au pentaacétylsorbose et au méthyltétraacéthylsorboside. Les deux premiers dérivés seulement donnent le méthylsorboside identique à celui de Fischer.

Préparation du méthylsorboside. — Le sorbose est dissous à froid dans 30 fois son poids d'alcool méthylique sec renfermant 0,5 pour 100 de gaz acide chlorhydrique sec. On laisse en contact soit à 0°, soit à 20°, soit à 37°. On suit le cours de la réaction par des lectures polarimétrtques; à son terme, un dosage de sucre réducteur restant indique la quantité de sucre méthylé. Après neutralisation par le carbonate d'argent, on distille l'alcool méthylique dans le vide et l'on épuise directement le sirop par l'acétone. On distille la solution acétonique jusqu'à l'apparition d'un trouble et on laisse reposer; le méthylsorboside cristallise.

La vitesse de la réaction dépend, d'une part : de l'âge des solutions chlorhydriques employées et peut varier de 15 heures à 10 jours; et d'autre part, de la température. Dans tous les cas, 92 pour 100 du sucre sont méthylés et l'on recueille le méthylsorboside avec un rendement moyen de 83 pour 100. Par contre, si l'on opère à 37° ou au bain-marie, 70 pour 100 seulement sont méthylés et l'on n'obtient que 30 et même 10 pour 100 de dérivé cristallisé. Le reste est un résidu sirupeux hygroscopique, plus ou moins réducteur, signalé par Fischer.

Le méthylsorboside ainsi obtenu n'est pas réducteur. Par hydrolyse acide, on peut régénérer le sorbose caractérisé par son point de fusion de 160° et son pouvoir rotatoire de — 41°40.

Après recristallisation, le méthylsorboside fond à + 118°5. Son pouvoir rotatoire en solution aqueuse à 2 pour 100 est de $[\alpha]_{578}^{20} = -90°21$ et de — 100° dans l'alcool méthylique.

Fischer avait donné les valeurs : P. F. 120°-122° et un pouvoir rotatoire pris dans l'eau de $[\alpha]_D^{20} = -88°7$.

---

(1) Fischer, *Ber. d. chem. Ges.*, 28, 1895, p. 1145 et 1159.

(2) *Rec. Trav. chim. des Pays-Bas*, 32, 1900, p. 1.

Lobry de Bruyn avait donné : P. F. 119° et un pouvoir rotatoire dans l'eau $[\alpha]_D^{20} = -88°5$.

L'analyse du méthylsorboside donne pour 100^{mg} de dérivé :

	Trouvé.	Théorique.
Groupe méthoxyle OCH^3	15^{mg},85	15^{mg},98
Sucre après hydrolyse	91^{mg},0	92^{mg},7

Méthylation et désacétylation du tétraacétylsorbose. — Si l'on essaye de méthyler par la méthode de Fischer le tétraacétylsorbose (3) et (4), on peut constater qu'il se méthyle et se désacétyle simultanément et l'on obtient le méthylsorboside. On s'assure par des lectures polarimétriques, faites avant et après l'addition du carbonate d'argent que la désacétylation n'a pas lieu au cours de la neutralisation. Nous avons tenté, sans résultat, de séparer les deux actions en employant des solutions chlorhydriques vieillies, donc plus douces, ou en opérant à 0°. La réaction n'est que considérablement ralentie; mais dans tous les cas, 92 pour 100 du sucre sont méthylés et l'on obtient le méthylsorboside cristallisé avec un rendement moyen de 65 pour 100.

Le point de fusion du dérivé ainsi obtenu est de 118°,5. Son pouvoir rotatoire dans l'alcool méthylique est de $[\alpha]_{578}^{20} = -99°6$.

Méthylation et désacétylation du pentaacétylsorbose. — La même étude de la réaction de Fischer sur le pentaacétylsorbose, montre que ce dernier se méthyle et se désacétyle en même temps, tout comme le tétraacétylsorbose. La réaction a lieu avec la même vitesse (30 heures à 20°); 90 pour 100 du sucre sont méthylés et le rendement en dérivé cristallisé est de 50 pour 100.

Le méthylsorboside ainsi obtenu fond également à — 118°5; son pouvoir rotatoire dans l'alcool méthylique est de $[\alpha]_{578}^{20} = -100°0$.

Enfin nous avons pensé que cette méthode pouvait nous servir à désacétyler le méthyltétraacétylsorboside dont nous décrirons prochainement la préparation. Mais la réaction de désacétylation ne s'applique pas dans ce cas. Même en présence d'un taux plus élevé d'acide chlorhydrique, ou en présence de traces d'eau qui pourraient amorcer la saponification des groupements acétylés, la réaction n'a pas lieu. A 37°, on observe, au contraire, une variation de pouvoir rotatoire en sens inverse de celle observée dans

(1) G. ARRAGON, *Comptes rendus*, **196**, 1932, p. 1733.
(2) G. ARRAGON, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1508.

les autres cas; la solution qui primitivement n'était pas réductrice devient réductrice et se caramélise. Au bout de 10 jours, la solution renferme 35 pour 100 de sucre réducteur et l'on obtient un sirop brun incristallisable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dédoublement de quelques cyclanes-diols.* Note [1] de MM. **Marcel Godchot**, **Max Mousseron** et **Roger Richaud**, présentée par M. Delépine.

Nous avons poursuivi nos recherches sur les composés alicyliques actifs en essayant d'obtenir quelques nouveaux glycols cyclaniques actifs afin de les comparer à ceux déjà connus.

Le cyclohexanediol-1.2-*trans* et le cycloheptanediol-1.2-*trans* seuls jusqu'ici ont pu être dédoublés, le premier par Derx [2], le second par deux d'entre nous [3], en provoquant la scission en leurs diastéréoisomères par cristallisation dans un solvant approprié de leurs diesters sulfuriques à l'état de sel de strychnine.

Dans cette Note, nous appliquerons ce mode de dédoublement au cyclopentanediol-1.2-*trans* et aux deux méthyl-1-cyclohexanediols-3.4-*cis* et *trans* de façon à obtenir ces trois glycols actifs.

I. *Dédoublement du cyclopentane diol*-1.2-*trans*. — Ce diol (F = 54°,5) préparé facilement par hydratation de l'époxycyclopentane en autoclave à 125° durant six heures en présence de quatre fois son poids d'eau [4] est estérifié par l'acide sulfurique à — 15° et le sel de strychnine du diester sulfurique est soumis à une cristallisation fractionnée soit dans l'eau, soit dans l'alcool à 85°; on sépare ainsi les deux diastéréoisomères à pouvoir rotatoire constant dont l'activité optique est représentée par les valeurs suivantes : $[\alpha]_{546} = -22°,20$ et $[\alpha]_{546} = -31°,60$. Par un traitement approprié dont le détail sera décrit ailleurs, on arrive, à partir de ces sels de strychnine, aux cyclopentanediols 1.2-trans actifs, constitués par un liquide visqueux, $[\alpha]_{589} = \pm 33°,60$ à 22°.

II. *Dédoublement des méthyl*-1-*cyclohexanediols*-3.4-*cis et trans*. — S'il est possible de prévoir l'existence de quatre méthyl-1-cyclohexanediols 3.4-stéréoisomères, jusqu'ici deux d'entre eux seulement ont pu être

---

(1) Séance du 19 novembre 1934.

(2) *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 41, 1922, p. 318.

(3) M. Godchot et M. Mousseron, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 837.

(4) M. Godchot et F. Taboury, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 13, 1913, p. 536.

préparés, l'un (F = 35-36°) par oxydation permanganique du méthyl 1.Δ_3 cyclohexène selon les indications de Nametkin et Mme Brussof [1], l'autre (F = 63-64°) obtenu autrefois par Bedos et l'un de nous [2] par hydratation de l'époxyde correspondant. Le premier de ces diols est un dérivé cis, en ne considérant que les positions relatives des deux hydroxyles; il est susceptible en effet de se combiner avec l'acétone en présence d'acide chlorhydrique, en donnant un liquide d'odeur aromatique ($d_{20} = 0,962$, $n_D^{20} = 1,4456$), le second au contraire, ne donnant pas de combinaison acétonique, peut être considéré comme un dérivé trans. Ces deux glycols alicycliques sont du reste tous deux dédoublables en leurs antipodes optiques.

La même méthode de dédoublement, à l'aide des esters sulfuriques combinés à la strychnine, nous a permis tout d'abord pour le glycol-*cis* d'arriver aux deux sels de strychnine diastéréoisomères présentant respectivement les pouvoirs rotatoires : $[\alpha]_{546} = -35°,55$ (cristallisation aqueuse) et $[\alpha]_{546} = -42°,50$ (cristallisation alcoolique), d'où l'on peut extraire le méthyl-1-cyclohexanediol-3.4-*cis* actif $[\alpha]_{589} = \pm 18°,10$ à 22°.

Il nous a été possible également de scinder le sel de strychnine du méthyl-1-cyclohexanediol-3.4-*trans* en deux diastéréoisomères : $[\alpha]_{546} = -37°,10$ (cristallisation aqueuse) et $[\alpha]_{546} = -30°,10$ (cristallisation alcoolique), correspondant au méthyl-1-cyclohexanediol-3.4-*trans* actif, liquide visqueux possédant un pouvoir rotatoire $[\alpha]_{589} = \pm 19°,40$ à 22°.

Le tableau suivant réunit les pouvoirs rotatoires spécifiques pour diverses longueurs d'onde et les indices de dispersion, pour les divers diols alicycliques étudiés jusqu'ici par nous :

	$[\alpha]_{589}$.	$[\alpha]_{579}$.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{436}$.	α_J/α_V.
Cyclopentanediol-1.2-*trans*	33°,60	35°,10	39°,60	67°,60	1,710
Cyclohexanediol-1.2-*trans*	42,0	43,90	49,55	84,60	1,710
Méthyl-1-cyclohexanediol-3.4-*cis*	18,10	19,60	21,70	36,60	1,709
Méthyl-1-cyclohexanediol-3.4-*trans*	19,40	20,20	22,80	39,15	1,716
Cycloheptanediol-1.2-*trans*	37,50	39,10	44,25	77,65	1,710

Si nous comparons le cyclopentanediol, le cyclohexanediol et le cycloheptanediol, on constate que les valeurs obtenues présentent quelques analogies, le pouvoir rotatoire spécifique étant supérieur pour le cycle

(1) *Ber. d. ch. Ges.*, 56, 1923, p. 1807.
(2) M. Godchot et P. Bedos, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1411.

en C^6. Pour les aminoalcools correspondants [1], on trouve que leur activité optique est comparable à celle des glycols pour les cycles à cinq ou six atomes de carbone, mais on constate une grande différence entre le cycloheptanediol et l'aminocycloheptanol. L'examen des résultats obtenus pour les méthyl-1-cyclohexanediol-3.4-*cis* et *trans* montre peu de différence entre eux, mais un abaissement considérable par rapport au cyclohexanediol non substitué; il en est du reste de même pour le méthyl-1-amino-3-cyclohexanol-4, dont l'activité optique est inférieure à celle de l'amino-2-cyclohexanol-1; enfin l'indice de dispersion varie faiblement dans cette série de diols actifs.

GÉOLOGIE. — *Itinéraire géologique d'Aqqa à Tindouf* (Sahara marocain). Note de MM. **Jacques Bondon** et **Louis Clariond**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'insécurité régnant entre le Djebel Bani et la Hammada du Drâa y interdisait, jusqu'à cette année, les reconnaissances géologiques. Seul L. Gentil [2], dans son audacieux voyage d'exploration de 1923, avait pu dépasser le Djebel Bani de quelques kilomètres, reconnaissant la présence du Dévonien inférieur à Anererif (5^{km} au Sud de Tatta). En 1925 et 1928, N. Menchikoff [3], profitant des reconnaissances des compagnies sahariennes au Sud du cours saharien de l'Oued Drâa, y démontrait l'existence d'une série paléozoïque allant du Dévonien supérieur au Westphalien. Enfin, à la suite des opérations sur Tindouf, en avril 1934, G. Descossy et E. Roch [4] caractérisaient l'Hunsruckien à Mersakhsaï, à une trentaine de kilomètres au Sud d'Aqqa.

En octobre dernier, nous avons pu suivre un convoi de ravitaillement et lever sommairement un itinéraire géologique entre Aqqa et Tindouf, reliant ainsi entre eux les travaux de nos devanciers.

Les terrains primaires sont visibles jusqu'à Merkala, où ils s'enfoncent sous la Hammada du Drâa; de structure monoclinale, ils forment de longues arêtes NE-SW séparées par des plaines caillouteuses.

---

(1) M. Godchot, M. Mousseron et R. Granger, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 2011.

(2) *Rev. Géographie physique et Géologie dynamique*, 2, 1, 1929, p. 45.

(3) N. Menchikoff, *Thèse Sc.*, Paris, 1930.

(4) G. Descossy et E. Roch, *C. R. som. Société géologique de France*, 8, 1934, p. 104.

D'Aqqa à Tindouf, on trouve la succession suivante :

1. GOTHLANDIEN. — Entre les Km. 0 et 0,4 (Ksar d'Aït Anfer). Épaisseur 80^m.
   Schistes tendres et fissiles blancs ou rosés à *Monograptus* et *Cardiola interrupta*.
2. DÉVONIEN. — Entre les Km. 34 et 38 (Dj. Mersakhsaï-Guelta Begrou). Épaisseur visible 200^m.
   Alternances de schistes gréseux et de grès avec quelques bancs de calcaires dont la base nous a fourni *Spirifer hystericus* Schlotheim et *Tentaculites* sp. du Siegenien.
   Faille NE-SW, décrochant le compartiment Sud et faisant apparaître :
3. GOTHLANDIEN. — Entre les Km. 38 et 41 (rive droite du Drâa). Épaisseur 100^m.
   Schistes blancs ou rosés à *Monograptus* et *Cardiola interrupta*.
4. Sommet du Dévonien (?). — Au Km. 66 (base du Dj. Tazout). Schistes verts avec sills de dolérites.
5. STRUNIEN. — Entre les Km. 67 et 68 (Kheneg Tafagount du Dj. Tazout). Épaisseur 100^m.
   Grès et schistes gréseux avec quelques bancs calcaires à *Spirifer Verneuili* Murchison, *Sp. tornacensis* de Koninck, *Sp. strunianus* Gosselet, *Productella productoïdes* Murchison, *Productus niger* Gosselet, *Pr. scabriculus* Martin, *Productus* sp., *Seminula* (?) *struniensis* Dehée, *Rhynchonella letiensis* Gosselet, *Streptorhyncus crenistria* Phillips, *Cyathophyllum* sp.
6. TOURNAISIEN. — Entre les Km. 68 et 70 (contreforts Sud du Dj. Tazout). Épaisseur visible 200^m.
   Grès et psammites à *Spirifer tornacensis* de Koninck, *Sp. cinctus* Keys., *Sp. Konincki* Dewalque, *Streptorhyncus crenistria* Phillips, *Strept. crenistria* Phillips var. *arachnoides*, *Orthis Michelini* Léveillé, *Productus lævicostus* White, *Pr. gr. semireticulatus* Martin, *Pr.* cf. *Vaughani* Muir. Wood, *Tylothyris laminosa* Léveillé, *Rhynchonella pleurodon* Phillips.
7. TISSÉEN. — Entre les Km. 77 et 80 (Djebel Ouarhziz). Épaisseur visible 200^m.
   Calcaires bleus, très durs, avec quelques rares bancs gréseux. Les calcaires nous ont fourni au Kheneg Tafagount : *Productus auritus* Phillips, *Pr. maximus* Mac Coy, *Cyathophyllum* sp.
8. WESTPHALIEN PROBABLE. — Entre les kms 80 à 148 (de l'Ouarkziz à la Hammada de Merkala).
   Complexe gréseux avec niveaux rouges, à stratification entre-croisée (grès de la Betana) (1).
9. CRÉTACÉ. — Entre les kms 148 et 256 (de Merkala à Tindouf).
   Formation dite de la Hammada du Drâa, constituée par 50^m de grès roses à la base, 15^m de grès blancs calcareux, et 70^m de calcaires à silex avec barre médiane de silex massif de 6^m d'épaisseur.

Entre Aqqa et la faille du Dj. Mersakhsaï, la série primaire, doucement

(1) N. MENCHIKOFF, *ibid.*, p. 154 à 157.

plissée, dessine deux synclinaux, séparés par la ride anticlinale qui apparaît à l'Ouest de Guelta Begrou. Le cœur de l'anticlinal est constitué par des grès identiques à ceux du Dj. Bani et vraisemblablement ordoviciens en raison de leur position sous le Gothlandien.

Au Sud de la faille du Djebel Mersakhsaï, le Gothlandien est sensiblement horizontal. Le pendage est de 10° au Dj. Tazout; il diminue en se rapprochant de la Hammada et à Merkala; les grès westphaliens sont sensiblement horizontaux. L'épaississement du Westphalien sur une distance de 50^{km} à vol d'oiseau, entre l'Ouarkziz et la Hammada de Merkala est de 500^{m} au plus; on observe dans cette région le relèvement très net du bassin carbonifère vers l'Ouest, en bordure des territoires espagnols de Rio de Oro.

La présence du Strunien au Dj. Tazout s'ajoute aux gisements signalés à Oumel Assel et à Kheneg Lejoned par N. Menchikoff sur la bordure nord du Synclinal de Tindouf. Les couches à *Productus prælongus* signalées par ce géologue au-dessus des dernières dolérites du Kheneg Lejoued (¹) prolongent vraisemblablement vers l'Est les grès du Djebel Tazout.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Permien inférieur fossilifère dans le Haut-Laos occidental.* Note (²) de M. **Josué Hoffet**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai montré (³) la structure de la partie la plus occidentale du Haut-Laos qui est chevauché par un élément ancien birman. La direction générale de ce chevauchement, comme d'ailleurs des terrains et de la morphologie du pays, est Nord-Nord-Est. J'avais signalé également une ride calcaire, dite de Xieng Kheng, d'âge dévonien ou carbonifère inférieur. Or il existe dans cette partie du Haut-Laos une seconde ride calcaire située plus à l'Est, non moins importante dans la topographie, et qui s'étend par intermittence depuis le Sud de Muong Sing jusqu'à Wien Pou Kha. Faut-il lui rattacher les autres massifs calcaires qui depuis Wien Pou Kha se dirigent vers le Sud, traversent le Nam Ta à Ban Bo et atteignent le Mékong en amont de Pak Beng? Cette question n'a pu encore être résolue.

En tous les cas, j'ai pu trouver dans la première partie de cette ride deux gisements de fossiles. Le premier est situé au Nord de la Sala de Nam Long,

(¹) N. Menchikoff, *loc. cit.*

(²) Séance du 19 novembre 1934.

(³) J. H. Hoffet, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 680.

près d'un village Yao. Les calcaires y renferment, d'après la détermination de J. Fromaget : *Schellwienia brevicula*, Schellw., inter *expensa-Richthofeni*, *expensa* Deprat; cf. *vulgaris* Schellw., *Verneuilli* Col., *Doliolina neoschwagerinoïdes* Deprat. Au-dessous de ces calcaires se trouvent des grauwackes avec mauvais moules dans lesquels je crois reconnaître cf. *Spirigera protea* var. *subtilita*, Abich; cf. *Streptorhynchus crenistria* var. *incurvus* Abich et des sections d'Encrines. Le second gisement se trouve à côté de la Sala Tong Lat et contient : *Schellwienia brevicula*, Schellw., *Doliolina Claudiæ*, Deprat.

Ces gisements appartiennent au Permien tout à fait inférieur. Tous deux renferment en effet des Doliolines, formes cryptogènes du Permien. *Doliolina Claudiæ*, espèce créée par J. Deprat et placée par lui dans l'Ouralien inférieur, d'après des calcaires dont la situation stratigraphique n'était nullement certaine, a été depuis retrouvée par Ozawa à Nagato avec une espèce permienne. C'est la première fois depuis la parution des ouvrages de J. Deprat qu'elle a été retrouvée en Indochine. *Doliolina neoschwagerinoïdes* est une forme bien définie du Permien inférieur indochinois. *Schellw. brevicula*, n'ayant été rencontrée en Indochine et en Chine qu'isolément, avait une situation également incertaine. Par des considérations de voisinage, J. Fromaget était arrivé à la placer dans les couches de passage du Carbonifère au Permien. Récemment, E. Saurin [1] la retrouva au Yunnan où elle accompagne *Neoschwagerina craticulefera* Schellw. et *Fusulina Japonica* Gümb. qui sont, toutes deux, caractéristiques du Permien inférieur. Par sa position dans nos gisements où elle voisine avec les Doliolines et sa situation au Yunnan, la place de *Schellw. brevicula* semble bien fixée. *Schellw. expansa* accompagne en Chine *Schellw. vulgaris* et *longissima;* cette dernière est une espèce du *Lower Productus Limestone* de la Salt Range considéré comme Permo-Carbonifère; *Schellw. vulgaris* est connue dans l'Ouralien supérieur de Chine, du Japon et de l'Inde.

Quant aux deux brachiopodes, ce sont des formes du Permien de l'Arménie. L'un d'eux *Spirigera protea* var. *subtilita* a déjà été trouvé en Indochine dans des terrains charbonneux marins qui sont l'équivalent latéral des couches à *Gigantopteris nicotinifoliæ* du Haut-Laos oriental.

Cette discussion montre que les calcaires de la ride de *Muong Sing-Vien Pou Kha appartiennent bien au Permien tout à fait inférieur* renfermant des espèces nettement permiennes à côté de quelques formes de passage

(1) J. FROMAGET, *Bulletin Serv. géol. Indochine*, 19, fasc. II, 1933, p. 193.

ouralo-permiennes. *On peut donc les classer dans l'horizon 9 de la classification des calcaires anthracolitiques* de J. Fromaget ([1]).

Nous sommes donc en présence d'un nouveau témoin, le plus occidental connu en Indochine, de la transgression ouralo-permienne. On sait qu'elle a laissé des dépôts aux environs de Yunnanfou, dans la partie médiane et orientale du Haut-Laos, au Tonkin dans le massif du Bacson, dans le Bas-Laos aux environs de Saravane, dans le Sud-Annam et le Cambodge oriental. Seule la région du Cammon fonctionnait alors durant tout l'Anthracolitique comme bassin de subsidence.

BOTANIQUE. — *Nouveaux cas de gynodimorphisme chez les Dipsacées.* Note ([2]) de M. **Paul Jaeger**, présentée par M. L. Mangin.

Le gynodimorphisme a été signalé chez un certain nombre de Dipsacées qui ont des fleurs hermaphrodites et des fleurs femelles, portées par des pieds différents (*gynodiœcie*), ou portées par un même pied et réunies sur un même capitule (*gynomonœcie*).

La gynodiœcie a été observée chez *Knautia arvensis* et *Scabiosa Succisa* L. ([3]), *K. silvatica*, *K. integrifolia*, *K. rigidiuscula*, *K. magnifica*, *K. dumetorum*, *K. drymeia*, *K. macedonica*, *K. purpurea*, *K. longifolia* ([4]).

La gynomonœcie existe chez *Scabiosa lucida* et *Sc. gramuntia* ([5]).

La coexistence de la gynodiœcie et de la gynomonœcie a été vue chez *Scabiosa columbaria* et *Sc. suaveolens* ([5]).

Schulz ([6]), examinant la composition des capitules de nombreux pieds de *Knautia arvensis*, aboutit aux résultats suivants : 74 pour 100 d'individus hermaphrodites; 21 pour 100 d'individus femelles; 5 pour 100 d'individus mixtes. Raunkiaer ([6]) obtient, chez cette même espèce, des chiffres assez comparables : 85 pour 100 d'individus hermaphrodites; 11 pour 100 d'individus femelles; 3,7 pour 100 d'individus mixtes. Chez *Succisa pratensis*, ce même auteur trouve : 85,6 pour 100 d'individus hermaphrodites; 9,6

([1]) E. Saurin, *Bulletin Soc. géol. de France*, 5e série, 3, 1933, p. 441.

([2]) Séance du 16 novembre 1934.

([3]) H. Lecoq, *Ét. sur la géogr. bot. de l'Europe*, Paris, 1857, p. 473.

([4]) Z. Szabó, *Englers Bot. Jahrb.*, 36, 1905, p. 397.

([5]) A. Schulz, *Bibliotheca Botan.*, 17, 1890, p. 192.

([6]) C. Correns, *Best, Vererb. u. Verteil. d. Geschl. bei d. höh. Pfl.*, Berlin, 1928, p. 123.

pour 100 d'individus femelles; 2,4 pour 100 d'individus mixtes. Moi-même j'ai consigné, en 1934, pour *Knautia arvensis*, les chiffres suivants : 59,8 pour 100 d'individus hermaphrodites; 24,5 pour 100 d'individus femelles; 15 pour 100 d'individus mixtes.

Cas nouveaux de gynodimorphisme. — Au cours de mes recherches, j'ai constaté : 1° l'existence de la *gynodiœcie* chez *Scabiosa Hoockeri* C. B. Clarke; 2° celle de la *gynomonœcie* chez *Knautia orientalis* L. *Scabiosa atropurpurea* L., *Sc. caucasica Borst*, *Sc. Fischeri* D. C., *Sc. fumaroides* Vis Banat, *Sc. graminofilia* L.; *Sc. silenifolia* Waldst, et *Kit.*, *Sc. triniæfolia* Friv. et *Sc. vestina* Facch. Je confirme l'observation de Schulz quant à la présence de la gynomonœcie chez *Sc. gramuntia;* 3° la coexistence de la gynodiœcie et de la gynomonœcie chez *Knautia hybrida* Coult, *Scab. ucranica* L., *Sc. lucida* Vill.

Des observations faites pendant l'été 1934 me permettent de signaler des faits analogues pour des représentants des genres *Dipsacus* et *Cephalaria :* genres chez lesquels la gynomonœcie et la gynodiœcie n'ont jamais été signalées.

Dipsacus pilosus L. — La station qui m'a permis de faire mes observations se trouve dans une forêt humide voisine de Sélestat (Bas-Rhin). J'ai relevé la présence d'individus hermaphrodites et d'individus femelles à anthères très réduites (gynodiœcie). La forme gynomonoïque n'a pas pu être décelée, pas plus que l'état pétaloïde des anthères.

Cephalaria leucantha (L.) Schrad. — J'ai rencontré, au début d'août 1934, plusieurs centaines de pieds, au Collège des Écossais à Montpellier, et enregistré l'existence de pieds hermaphrodites, de pieds femelles (gynodiœcie) et de pieds portant à la fois des fleurs hermaphrodites et des fleurs femelles sur les mêmes capitules (gynomonœcie). J'ai, en outre, relevé l'existence de pieds à anthères pétaloïdes : forme à placer parmi les paragynodioïques de Correns.

Cephalaria græca R. et Schrad. — L'étude de la touffe de *Cephalaria græca*, figurant au Jardin botanique de Montpellier, m'a permis de conclure à l'existence de la forme ordinaire de la gynomonœcie dans cette espèce.

Modalité nouvelle de la gynomonœcie. — Une forme curieuse et exceptionnelle de gynomonœcie doit être signalée, pour trois espèces appartenant à des genres chez lesquels la gynomonœcie n'avait été rencontrée par moi, jusqu'ici, que sous sa forme normale : capitules portant *à la fois* des fleurs hermaphrodites et des fleurs femelles. Ces trois espèces sont : *Knautia arvensis* Coult, *Scab. columbaria* L. et *Cephalaria transylvanica* (L.) Schrad,

Vers le déclin de leur période de floraison, fin septembre pour *Knautia* (Mutzig), début d'octobre pour *Scabiosa* (Wangen), mi-août pour *Cephalaria* (Parc de la Tête d'Or à Lyon), j'ai vu *sur le même pied :* des capitules portant des fruits, des capitules exclusivement hermaphrodites et, sur un rameau latéral un capitule dont toutes les fleurs étaient femelles. L'importance de cette observation ne pourra être établie que quand on sera en présence de la génération issue des akènes fournis par ce capitule femelle.

CYTOLOGIE. — *Mise en évidence d'un réseau mitochondrial chez quelques Péridiniens autotrophes.* Note [1] de Mlle **Berthe Biecheler**, présentée par M. F. Mesnil.

L'étude cytologique de quelques Péridiniens autotrophes de l'Étang de Thau et de ses dépendances a décelé, chez ces formes l'existence d'un réseau interne qui, hormis une brève mention de Chatton et Hovasse relative aux *Polykrikos*, ne paraît pas avoir été vu jusqu'ici chez les Péridiniens.

Ce réseau peut être mis en évidence par trois méthodes différentes : 1° par imprégnation argentique sur coupes de matériel fixé au Champy; 2° par coloration à la fuchsine d'Altmann après fixation au Champy; 3° par imprégnation osmique longue (1 mois) après fixation au Hirschler.

Il a été vu chez *Coolia monotis* Meunier, *Glenodinium sociale* Henneguy, *Exuviella marina* Cienkowski, *Cryptoperidinium foliaceum* Stein et chez deux *Peridinium* non identifiés spécifiquement.

Chez *Coolia*, on voit (*fig.* 1) s'étendant irrégulièrement, mais uniformément, dans tout le cytoplasme, en ménageant le noyau, le pyrénoïde et les plastes, un réseau de filaments tortueux, anguleux, verruqueux, assez régulièrement calibrés. Dans cette espèce, comme dans plusieurs autres, les plastes sont des piliers trapus et sinueux, orientés radiairement et, comme l'a déjà vu Geitler [2], à structure confusément fibrillaire. Ils se distinguent nettement du réseau par ces caractères et aussi par le fait que ni les imprégnations argentique et osmique, ni la coloration d'Altmann ne les teintent aussi énergiquement que lui, tant s'en faut. De plus, les fixateurs osmiques leur confèrent toujours une légère teinte grisâtre.

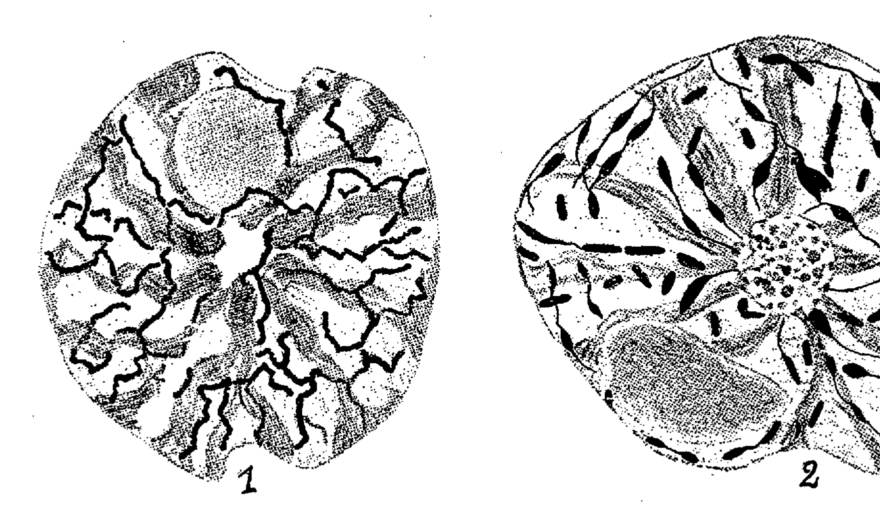
---

(1) Séance du 19 novembre 1934.

(2) L. Geitler, *Archiv. f. Protistenk.*, 53, 1926, p. 343-346.

Chez *Exuviella marina*, le réseau se présente d'une manière analogue à celui de *Coolia*. Il est cependant plus fin, ses mailles sont plus serrées et ont tendance à se disposer radiairement autour du pyrénoïde et à se tasser à la base de la cinétide en s'orientant suivant son axe. Le réseau du *Cryptoperidinium foliaceum* et des deux *Peridinium sp.* est semblable à celui de *Coolia monotis*.

Chez *Glenodinium sociale*, la formation en question, quoique parfaitement homologue des précédentes, est d'aspect plus complexe et plus variable. Dans la majeure partie des individus d'une pêche, le réseau est constitué par des cordons extrêmement ténus, anastomosés, mais présentant de place en place de gros renflements en fuseaux. Dans d'autres individus, en minorité, on voit, simultanément, ces fuseaux s'allonger en bâtonnets cylindriques et les connectifs se rompre. Ces bâtonnets qui peuvent se fragmenter en éléments plus courts, se répandent dans le cytoplasme. La transformation du réseau en corps bacilliformes (*fig.* 2) ne s'accompagne d'aucune modification des propriétés énumérées plus haut.



Ces propriétés, et la forme bacillaire des éléments dispersés, font qu'on ne peut considérer ceux-ci que comme des mitochondries. A ces raisons, s'ajoute le fait que, les plastes mis à part, aucun élément présentant les caractères du chondriome n'apparaît par les mêmes méthodes dans les mêmes Péridiniens. Les éléments bacilliformes dispersés du *Glenodinium sociale* étant des mitochondries, le réseau dont ils proviennent et les réseaux homologues des formes étudiées doivent être considérés comme

étant de même nature, quelque aberrante que puisse paraître une attitude réticulée pour des formations mitochondriales.

Le chondriome des Péridiniens a été fort peu étudié jusqu'ici. Chatton et Grassé (¹) ont décrit chez le Gymnodinien *Polykrikos Schwartzi* des mitochondries bacilliformes et Chatton (²) a rapporté qu'avec Hovasse il a mis en évidence, dans ce même Péridinien, un réseau interne considéré comme un leucoplaste. Rappelons qu'en dehors des Péridiniens, et nous limitant aux groupes des Flagellés autotrophes, des chondriocontes normaux ont été observés chez les Chlamydomonadines et les Eugléniens. Volkonsky (³), chez *Polytoma uvella*, a découvert en outre un réseau superficiel de larges rubans qu'il tient pour un leucoplaste. Chez *Peranema trichophorum*, Brown (⁴) a décrit un ensemble de filaments anastomosés imprégnables à l'osmium, qu'il a donné comme appareil de Golgi, mais auquel Poisson et Grassé refusent cette signification. Nous ne pouvons discuter ici des homologies de toutes ces formations, et nous bornons à conclure à l'existence, chez les Péridiniens que nous avons étudiés, d'un chondriome en réseau capable de se dissocier, chez certaines espèces et dans certaines conditions, en chondriocontes de forme ordinaire.

ENTOMOLOGIE. — *Le moustique maritime*. Note de M. J. **Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'appelle moustique maritime l'*Ædes punctatus* (détermination d'E. Roubaud), parce qu'il pond et passe sa vie larvaire dans les eaux fortement salées de certains marais littoraux de la Charente-Inférieure.

Cet insecte paraît exigeant sur le choix des eaux où il pond. Il recherche l'eau de mer provenant du débordement des canaux en communication avec la mer qui pénètrent dans ces marais et y apportent le flot lors des grandes marées; on trouve aussi ses larves dans des fossés, bordés ou non de tamaris, que la mer remplit aux mêmes époques.

Ces eaux sont stagnantes, dépourvues de toute faune macroscopique autre que les larves du moustique, elles reposent sur un sol habituellement

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 100, 1929, p. 281-285.
(²) *Bull. Soc. Zool. France*, 58, 1933, p. 251-254.
(³) *C. R. Soc. Biol.*, 105, 1930, p. 619-623.
(⁴) *Quart. Journ. Micr. Sc.*, 73, 1930, p. 403.

nu où croissent cependant, quand elles baissent, des îlots d'algues vertes chevelues. La population larvaire de ces canaux, fossés et flaques est extrêmement dense, allant parfois jusqu'au contact.

Les canaux amenant le flot d'où provient l'eau épanchée sont totalement exempts de larves mais habités par de nombreuses crevettes [*Palæmonetes varians* Leach (détermination Fage)], par quelques crabes et quelques alevins probablement de mulets; ils ne doivent recevoir aucune ponte d'*Æ. punctatus*.

L'eau d'un canal grouillant de larves contenait 30ᵍ de chlorure de sodium par litre (dosé par Blanc), c'est-à-dire de l'eau de mer presque sans mélange d'eau douce, la salure de l'Océan étant de 34ᵍ.

La flore terrestre du même marais, déterminée par F. Pellegrin, comprend : *Suaeda maritima*, *Salicornia herbacea* et *Statice limonium*.

En 1934 j'ai noté la première ponte au début d'avril dans des fossés bordés de tamaris. Les insectes ailés de cette génération firent leur apparition en ville, à 1^{km} du gîte, dans les premiers jours de mai; je capturai aisément chaque jour des mâles et des femelles dans un carré de lavande. Cette première génération est peu active, elle est ignorée du public parce qu'elle ne pique pas l'homme s'il ne trouble pas les moustiques; ainsi font les abeilles. L'assèchement spontané des fossés mit fin à cette génération.

A part quelques spécimens aperçus pendant les deuxième et troisième semaines d'août, les *Æ. punctatus* disparurent jusqu'au 7 septembre, date à laquelle ils envahirent les parcs et jardins de la ville. Lors de ces éclosions massives, on est assailli par les Aèdes pendant deux ou trois jours, surtout au crépuscule, puis ils diminuent, puis disparaissent. Tous les moustiques d'une génération n'approchent pas les agglomérations humaines, la plupart restent à la campagne, près du gîte, cachés dans les herbes ou les tamaris, ils se jettent sur vous si vous les troublez et vous piquent si vous êtes à leur goût.

La marée d'équinoxe (23 septembre) en inondant les zones déclives d'un marais, provoqua le développement d'une troisième et dernière génération. L'élément principal de ce gîte était un drain d'environ 100^{m} de long sur 1^{m} de large, bordé de chaque côté par une bande de 7 à 8^{cm} de larves confluentes d'aèdes, encore nombreuses mais moins denses au milieu du canal. En suivant l'éclosion pendant six semaines, j'eus l'occasion d'observer de nombreux agglomérats de cadavres de larves et de pupes dans des canaux ou des flaques venus à sec parce que le flux de morte eau

ne les atteignait plus. Il en périt ainsi des dizaines de milliers. La conservation prolongée de leurs cadavres est probablement due à la salure du sol. Les aèdes de ce gîte qui vinrent à éclosion se montrèrent en ville à 1700^m de leur foyer de production.

Les conditions qu'*Æ. punctatus* exige pour sa ponte limitent les surfaces où il peut se multiplier et l'excluent de superficies d'eau de mer, anciens marais salants ou claires à huîtres, beaucoup plus étendues que celles qu'il habite.

Cet insecte ne vit pas en eau douce. Sur douze grosses larves mises en eau de pluie collectée depuis longtemps et riche en microplankton, neuf périrent en deux jours, les trois autres ne moururent qu'au septième jour après avoir donné des signes évidents de souffrance tels que mouvements anormaux d'apparence convulsifs.

Je n'ai pas eu l'occasion de déterminer le degré minimum de salure de l'eau qu'*Æ. punctatus* réclame pour sa ponte.

Dans les lieux habités où il s'abat lors des éclosions massives, cet Aède, d'origine rurale, se montre nettement exophile, il est exceptionnel qu'il entre dans les habitations. Par ce trait de mœurs il est possible au public de le distinguer du *Culex pipiens* stercoraire éclos en ville et qui ne pique qu'à l'intérieur des demeures.

Sur plusieurs centaines d'Aèdes que j'ai examinés, je n'en ai pas trouvé un seul dont l'abdomen contienne du sang ou des œufs, toujours il était plat et vide.

Des femelles gorgées de sang humain et conservées en captivité donnent très rarement une ponte, comme si cet aliment ne leur convenait pas.

Par suite des mœurs de l'*Æ. punctatus* du littoral charentais il résulte que la *succession et le développement des générations de cet insecte sont réglés, non par la chute des pluies, mais par la hauteur des marées*, selon qu'elles apportent ou non, sur un terrain favorable, l'eau de mer que ce moustique préfère pour lui confier sa progéniture.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le pouvoir désaminant du poumon.* Note de MM. **Léon Binet** et **Daniel Bargeton**, présentée par M. R. Fosse.

La préparation du poumon isolé, perfusé et ventilé, permet une étude parallèle des modifications biochimiques du sang qui circule et de l'air qui

se trouve dans l'arbre trachéobronchique. Cette préparation facilite donc singulièrement l'étude de l'action du poumon sur les subtances qui se trouvent normalement dans le sang ou qui ont été ajoutées au sang par l'expérimentateur.

L'expérience montre que, dans de telles conditions, le glucose est brûlé (diminution progressive du glucose dans le sang, pendant que le quotient respiratoire reste au voisinage de 1 dans l'air de ventilation).

D'autre part, les acides gras ajoutés au sang circulant diminuent, tandis que le quotient respiratoire passe de 1 à 0,7.

Il nous a semblé intéressant de suivre l'étude des variations du taux de l'azote ammoniacal dans le sang perfusant un poumon, en faisant des dosages comparatifs sur le sang circulant et sur du sang mis à l'étuve à 39°.

Nos dosages d'azote ammoniacal ont été faits d'après la méthode de Parnas, en utilisant les modifications apportées par M. Polonovski.

Les résultats de nos dosages sont exprimés en milligrammes d'azote ammoniacal par 100$^{cm^3}$ de sang.

Dans les conditions normales, le sang perfusant un poumon durant 3 heures présente une élévation du taux de l'azote ammoniacal de 1,09 à 3,04, alors que ce taux ne s'élève dans le témoin qu'à 1,36. Il semble bien que le poumon intervienne directement puisque, si l'on opère sur le même dispositif de perfusion en éliminant le poumon, de manière à agiter simplement et aérer le sang, le taux de l'ammoniaque passe de 0,83 à 1,09 en 3 heures, alors qu'il passe à 1,13 dans le témoin.

On peut conclure ainsi à une augmentation nette de l'azote ammoniacal dans le sang perfusant un poumon et cette première observation nous a conduits à étudier la teneur du sang en azote ammoniacal après addition d'une quantité connue d'un acide aminé.

	Poids de l'animal.	Durée de perfusion.	Sang perfusé.	NH^3 sanguin en mg de N ammoniacal par 100$^{cm^3}$. Avant.	Après perfusion.	Témoin.
N° 1...	17^{kg}	1^{h} ^{m}	sang (p=400, t=200), 600 alanine, 2,00	1,09	3,00 (+175 %)	1,14 (+ 4,6 %)
N° 2...	14	1.30	sang (p=400, t=300), 700 alanine, 2,00	0,87	5,95 (+580 %)	0,95 (+ 9,0 %)
N° 3...	17,900	2.30	sang (p=400, t=300), 700 alanine, 1,50	1,42	5,70 (+338 %)	1,59 (+12,0 %)
N° 4...	25	2	sang (p=400, t=300), 700 alanine, 2,00	1,74	10,00 (+465 %)	2,16 (+23,0 %)

Nota. — p = perfusé, t = témoin.

C'est l'alanine que nous avons tout d'abord choisie et nous avons étudié parallèlement le sang perfusé, le sang laissé comme témoin à l'étuve à 39°.

Le tableau précédent résume quelques chiffres enregistrés.

Ces chiffres montrent qu'après addition d'alanine, l'augmentation du taux de l'ammoniaque dans le sang gardé à l'étuve varie de 4,6 à 23 pour 100, alors que, dans le sang perfusé, cette élévation varie suivant le temps de 175 à 580 pour 100.

L'élévation du taux d'azote ammoniacal ainsi enregistrée traduit bien une attaque de l'alanine, car on met en évidence parallèlement l'apparition d'acide pyruvique dans le sang perfusé.

On peut, en effet, en partant du filtrat trichloracétique de ce sang, obtenir la coloration bleue par le nitroprussiate de soude en présence d'ammoniaque et préparer la 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'acide pyruvique, identifiée par les caractères suivants : point de fusion 213-215°, solubilité en rouge foncé dans la potasse alcoolique à 6 pour 100, solubilité dans CO^3Na^2, d'où on la précipite par l'acide chlorhydrique dilué.

Nous avons parallèlement étudié le quotient respiratoire qui, dans les conditions normales, reste pendant trois heures au voisinage de l'unité. Après addition d'alanine il s'abaisse progressivement de 1 dans les premières minutes, à 0,89 après 1 heure 30 minutes, et à 0,68 à la troisième heure.

De telles expériences nous permettent de conclure l'existence d'une ammoniogenèse pulmonaire : le poumon est capable d'attaquer un acide aminé, l'alanine, et ce pouvoir est établi par trois faits convergents : production d'ammoniaque, apparition d'acide pyruvique, modification du quotient respiratoire.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Vessie natatoire, densité et plan d'équilibre des Poissons.* Note de M. **Étienne Rabaud** et de Mlle **Marie-Louise Verrier.**

Les travaux [1] qui ont trait au mode de fonctionnement de la vessie natatoire accordent à cet organe un rôle prépondérant dans les variations de la densité des Poissons.

A tout déplacement vertical, si faible soit-il, correspondrait un change-

---

[1] A. Moreau, *Ann. Sc. Nat.* (*Zoologie*), 6e série, 4, 1876, p. 1-84.

ment de volume de la vessie natatoire qui se traduirait immédiatement par une modification du volume du corps. Suivant que le Poisson monte ou descend, la pression qu'il supporte augmente ou diminue, les gaz de la vessie se contractent ou se dilatent et le volume total du corps varie dans le même sens. Le poids des animaux demeurant constant, la densité serait donc soumise à des variations incessantes et E. Guyénot (1) s'est cru autorisé, à la suite de Moreau, à dire que « d'une façon certaine, ...le rôle de la vessie natatoire... est de donner au Poisson la densité de l'eau, à un certain niveau où se trouve son plan d'équilibre ».

Nous avons montré (2) que ces variations du volume du corps et de la vessie natatoire étaient inappréciables lorsqu'il s'agit de faibles écarts de pression, ceux auxquels sont soumis normalement la plupart des Poissons de nos rivières et de nos côtes. Comment alors établir un rapport entre la densité et la vessie natatoire ?

A cet égard, la lecture des travaux cités plus haut, dès l'abord, provoque une certaine surprise. Aucun des auteurs ne s'est préoccupé, avant toute expérimentation, de mesurer la densité d'un seul Poisson. Nous avons donc comblé cette lacune en pratiquant plusieurs séries de mesures; quarante-cinq en tout, dont nous donnerons ultérieurement le détail. Comme celles que Magnan a effectuées en se plaçant à un autre point de vue, ces mesures montrent que, d'une manière générale, la densité des Poissons, et tout spécialement des espèces marines, est, rapportée à la pression atmosphérique, supérieure à celle de l'eau. Quelques Cyprins ont une densité égale ou à peine inférieure à l'unité.

S'il était vrai, comme l'affirment les auteurs précités que tout Poisson immergé subit une diminution de volume proportionnelle à la hauteur de la colonne d'eau qu'il traverse, sa densité par rapport à l'eau augmenterait progressivement. Or, cette densité étant, à la surface même, supérieure à celle de l'eau, on est amené à conclure qu'il n'existe aucun plan des moindres efforts (Moreau) ou d'équilibre (Guyénot) où la densité du Poisson devienne égale à celle de l'eau. Le plan d'équilibre est tout autre chose : c'est lui où le poids du Poisson et la poussée verticale qu'il reçoit de bas en haut s'annulent. En cela, les Poissons ne diffèrent en rien d'un corps quelconque placé dans les mêmes conditions.

Toutefois, il importe d'examiner quelques cas particuliers tout spéciale-

(1) E. Guyénot, *Bull. Biol. France, Belgique*, 43, 1909, p. 203-296.
(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 888.

ment celui des Cyprins qui ont une densité très voisine de celle de l'eau. Pour eux, peut s'établir un équilibre entre leur corps et l'eau : Guyénot l'a constaté chez deux Ablettes, un Gardon, un Carassin. Nous-mêmes, l'avons vu chez un Muge (*Mugil auratus* Risso). De plus, dans ces cas, les animaux sont anesthésiés à l'éther ou au chloroforme, et Guyénot reconnaît que l'anesthésie crée des conditions anormales et complexes. Il s'agit là de cas exceptionnels sur lesquels on ne peut construire une théorie aussi générale que l'ont voulu les précédents auteurs.

D'autre part, la comparaison d'espèces à vessie natatoire et d'espèces sans vessie natatoire montre que la densité des premières n'est pas toujours inférieure à celle des secondes, contrairement aux affirmations des auteurs. Nous avons, par exemple, constaté que la densité des Roussettes (*Scyllium canicula* L.) et des Rascasses (*Scorpaena scrofa* L.) dépourvues de vessie natatoire est le plus souvent inférieure à celle des Gobies (*Gobius niger* L.), des Girelles (*Jullis Giofredi* Risso), des Serrans (*Serranus cabrilla* L.) à vessie natatoire volumineuse et bien vascularisée.

En effectuant nos mesures, nous avons également noté que divers facteurs, notamment l'état de nutrition, modifient sensiblement la densité. C'est ainsi que trois Carpes bien nourries, à organes surchargés de graisse, avaient une densité sensiblement voisine de 1 (0,99, 1, 1,02), tandis que deux autres, amaigries, ont accusé une densité de 1,30 et 1,40. Dans tous les cas, locomotion, activité, vessie natatoire étaient parfaitement normales. Si la vessie soutenait avec la densité les rapports admis par Moreau et Guyénot, il eût dû en être différemment.

Dernier fait, non moins concluant : la cystectomie ne modifie pas sensiblement la densité. Pour s'en convaincre, il est aisé de dilacérer et de retirer la vessie natatoire par une fente de dimensions réduites, pratiquée à un niveau convenablement choisi, à travers la paroi abdominale. La densité, après suture rapide de la plaie [1] ne diffère pas sensiblement de la densité du même Poisson avant l'opération. Ce résultat paraît rationnel si l'on songe que la vessie natatoire est logée dans un cadre rigide, difficilement déformable, constitué par la colonne vertébrale et les arcs osseux costaux. Ce résultat ne fait que confirmer nos observations antérieures sur les attitudes des poissons après cystectomie [2].

---

(1) La suture de la plaie n'est pas toujours indispensable.

(2) Ed. Rabaud et M.-L. Verrier, *Bull. biol. France-Belgique*, 68, 1934, p. 188-231.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelle méthode de dosage de très petites quantités d'aluminium dans des milieux complexes. Application aux végétaux.* Note de M. **Paul Meunier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis quelques années de nombreuses méthodes de microdosage de l'Al ont été décrites. Presque toutes reposent sur la production de laques formées par l'alumine avec certains colorants, tels que l'acide aurinetricarbonique, l'alizarine, l'ériochromcyanine. Mais la coloration finale, qui sert à l'observation quantitative, est sous la dépendance de nombreux facteurs, principalement la teneur en ions PO^{4---}, en ions H^+, en divers cations étrangers, qui donnent, comme Fe^{+++}, Ti^{+++}, des laques avec les colorants employés. Aussi ces méthodes deviennent-elles très délicates dans l'application à des milieux complexes.

En visant à plus de certitude et de commodité, nous avons repris l'étude d'une réaction très sensible de l'Al, signalée en 1927 par Pinkus et Martin (¹) : la production d'un précipité colloïdal par addition de cupferron (²) à des solutions diluées d'Al. La même année, de Brouckère et Belcke (³) décrivaient un procédé de dosage opacimétrique de l'Al fondé sur cette réaction. Ils ne l'appliquaient qu'à des solutions simples d'Al, en signalant que de grandes quantités de Zn et de Ni ne gênaient pas. Pour généraliser cette application, nous avons dû rechercher, d'une part, les conditions de formation et du grossissement du précipité colloïdal signalé, et d'autre part, un mode convenable d'élimination des métaux gênants.

a. Étude du précipité d'Al. — Il est colloïdal lorsque la dilution en Al atteint $1/10^5$, et cesse de se produire au-dessous de $1/10^7$ (limite de sensibilité). Il n'apparaît que dans des solutions de pH compris entre 2,0 et 5,0, en milieu chlorhydrique, acétique ou citrique. Par agitation avec du chloroforme, il passe en solution dans celui-ci. Si l'on fait cette opération 10 minutes après le mélange du cupferron à la solution d'Al, on obtient, après repos, une liqueur aqueuse qui demeure limpide même par une nouvelle addition de ce réactif. C'est donc qu'au bout de 10 minutes tout le

(¹) *Journ. de Chimie physique*, **24**, 1927, p. 83 et 137.
(²) Sel d'ammonium de la nitrosophénylhydroxylamine.
(³) *Bull. Soc. chim. de Belgique*, 36, 1927, p. 288.

précipité était formé. Ce temps augmente un peu en présence d'ions PO^{4---}. Cependant, maintenus en liqueur aqueuse, les grains grossissent pendant 20 à 50 minutes suivant les concentrations en électrolytes, ainsi que le montrent les mesures de l'opacité du milieu trouble. Comment, dans de telles conditions, effectuer un dosage opacimétrique de l'Al? La réponse nous est fournie par les deux règles suivantes, résultats de nombreuses expériences : 1° déterminer toujours le maximum d'opacité, valeur limite, stable, correspondant, ainsi que Boutaric l'a montré (1), au seuil de floculation du colloïde, au lieu de se placer à un moment quelconque de son évolution; 2° rechercher les limites des concentrations en électrolytes étrangers entre lesquelles le maximum d'opacité n'est fonction que de la teneur en corps dosé. Pour l'Al, le pH doit être compris entre 2,5 et 4,5 et la concentration en PO^4H^3 inférieure à N/100. Ces règles sont susceptibles de généralisation à de nombreux dosages opacimétriques. Seules elles permettront d'atteindre toute la précision que promet aujourd'hui l'emploi des cellules photoélectriques.

b. Élimination du fer, du cuivre, du titane, etc. — En milieu acide de pH inférieur à 2,0, ces métaux sont précipités par le cupferron, tandis que l'Al ne l'est pas. Les dérivés métalliques formés sont très solubles dans les solvants organiques. Ce fait bien connu n'a pas encore, à notre connaissance, été utilisé dans la technique analytique. Après divers essais, nous avons fait choix du chloroforme, qui enlève très rapidement par agitation tout le fer, le cuivre, le titane d'une solution chlorhydrique à 10 pour 100 traitée par un excès de cupferron. La liqueur surnageante limpide ne donne plus aucune réaction avec le sulfocyanate, ni le ferrocyanure. D'exécution très aisée, ce mode d'élimination présente encore l'avantage de ne pas diluer la liqueur analysée, comme dans les méthodes utilisant les filtrations et les lavages. Une fois ces métaux éliminés, et dans la solution amenée à pH 2,5 à 4,5, seuls l'Al, le Cr et le Gl peuvent précipiter par le cupferron. Tous ces faits conduisent immédiatement à la technique suivante appliquée aux plantes.

c. Technique proposée. — Les cendres provenant de $0^g,50$ à 1^g de tissu végétal sec sont dissoutes dans 10^{cm^3} environ de HCl 0,6 N. La solution filtrée est traitée dans une ampoule à décantation de 50^{cm^3} par une solution aqueuse de cupferron à 5 pour 100 jusqu'à précipité blanc surnageant. On

(1) *J. de Pharm. et de Chim.*, 7, 1928, p. 395 et 461.

dissout les précipités par agitation avec du chloroforme (10^{cm^3} en deux fois). Après repos celui-ci est soutiré. La solution aqueuse limpide, transvasée dans un ballon jaugé de 50^{cm^3}, est additionnée de 5^{cm^3} de solution d'acétate d'ammoniac à 20 pour 100 et de $0^{cm^3},5$ de la solution de cupferron. Après avoir complété à 50^{cm^3} avec de l'eau distillée, on agite le ballon quelques secondes. Après 20, puis 30 minutes, l'opacité du mélange est mesurée [1]. L'opacimètre ayant été étalonné à l'aide d'une solution titrée d'Al, il est facile de déduire de la mesure la quantité d'Al de la prise d'essai. Par cette méthode nous avons retrouvé à 5 pour 100 près de $0^{mg},01$ à $0^{mg},06$ d'Al ajouté à 1^g de plante sèche.

Nos résultats ont confirmé ceux des dosages effectués par M. G. Bertrand et Mme Lévy par une méthode pondérale [2].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur l'hydrolyse des acides α et β glycérophosphoriques par diverses phosphatases de graines.* Note de M. **Jean Courtois**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Poursuivant nos recherches sur les phosphatases de graines [3] nous nous sommes proposé de comparer ces phosphatases à celle de la taka diastase précédemment étudiée [4].

Nous avons ainsi observé des faits divergents : 1° contrairement à la taka diastase, la phosphatase de moutarde blanche possède des pH maxima d'hydrolyse identiques pour les deux isomères; à des concentrations M/100, M/10, M/3,33 en substrat ils sont respectivement de 3, 7, 5, 8 et 5, 8; 2° le rapport des vitesses initiales d'hydrolyse des deux isomères $v\beta/v\alpha$ demeure sensiblement constant quels que soient le pH ou la concentration du substrat; la valeur moyenne de ce rapport qui est de 1,15 montre que les vitesses d'hydrolyse sont différentes. Des expériences d'un autre ordre nous ont permis de constater que sur ce dernier point les phosphatases d'amandes douces (émulsine) et de moutarde noire se comportent d'une façon analogue; à des concentrations variables en substrat le rapport $v\beta/v\alpha$

(1) Avec le spectrophotomètre de Féry, ou mieux avec un opacimètre photoélectrique.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 525.

(3) *IVe Congrès de Chimie biologique*, Paris, 1934, p. 388.

(4) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 95.

demeure égal à 1 pour l'émulsine et à 1,05 pour la phosphatase de moutarde noire, ceci à pH 5,8 et à 37°.

La stabilité du rapport $v\beta/v\alpha$ chez ces trois phosphatases de graines peut être interprétée d'une façon inverse de l'instabilité du même rapport chez la taka-diastase, c'est-à-dire en supposant que les phosphatases de graines présentent des affinités identiques pour les deux glycérophosphates. Dans le but de confirmer cette hypothèse nous avons déterminé à différents pH sur les phosphatases de l'émulsine et de la moutarde blanche : 1° l'affinité K_M ; 2° la vitesse initiale maxima v_{max}, exprimée en centièmes de milligramme de P^2O^5 libérés par minute.

Dans les conditions suivantes : température 37°, poudre fermentaire $0^g,05$, glycérophosphate à concentration variable 25^{cm^3}, nous avons obtenu :

pH.	$K_M\beta$.	$K_M\alpha$.	$K_M\beta/K_M\alpha$.	$v_{max}\beta$.	$v_{max}\alpha$.	$v\beta/v\alpha$.
			Moutarde blanche.			
5,3.......	57	57	1	6,25	5,55	1,13
5,8.......	32	32	1	8,0	7,1	1,14
6,3.......	13	13	1	3,33	2,9	1,14
			Émulsine.			
5,3.......	57	57	1	8,75	8,75	1
5,8.......	46	46	1	10,0	10,0	1
6,3.......	25	25	1	8,3	8,3	1

Remarquons tout d'abord qu'à l'encontre de la moutarde blanche l'émulsine hydrolyse toujours les deux isomères à la même vitesse. Nous voyons également que, lorsque le pH augmente :

1° l'affinité K_M pour les deux isomères diminue mais chacune de ces deux diastases possédant une affinité identique pour l'α et le β-glycérophosphate le rapport $K_M\beta/K_M\alpha$ ne varie pas et demeure égal à l'unité ;

2° la vitesse d'hydrolyse maxima des deux isomères présente un optimum vers pH 5,8 ;

3° le rapport $v\beta/v\alpha$ des vitesses maxima ne varie pas.

Ces deux phosphatases présentent donc, à la différence de la taka-diastase, des affinités identiques pour les deux glycérophosphates. Dans le but de confirmer ces conclusions nous avons étudié le comportement de ces trois diastases vis-à-vis de mélanges en proportions variables d'α et de

β-glycérophosphates. Les pourcentages d'hydrolyse de l'un et l'autre isomère ont été établis : d'une part en dosant le phosphore minéral libéré et d'autre part en déterminant, à l'aide de la technique au periodate, le glycérol ou plus exactement les fonctions glycol-α mises en liberté par hydrolyse [P. Fleury et Fatôme [1]]. Le β-glycérophosphate ne possédant pas de fonction α-glycol, libère par hydrolyse les deux groupes α-glycol du glycérol; par contre, l'α-glycérophosphate, possédant une fonction glycol-α oxydable par le periodate [P. Fleury et R. Paris [2]], ne libère par hydrolyse que le second groupe glycol-α du glycérol. Si nous désignons par x la concentration moléculaire de l'α-glycérophosphate hydrolysé, y celle de β, a celle de P^2O^5 libéré et b celle des fonctions α-glycol mises en liberté, nous avons les deux équations qui permettent de calculer x et y :

$$(1) \qquad x + y = a, \qquad x + 2y = b. \qquad (2)$$

En opposant durant six heures à 37° une faible quantité de poudre fermentaire (2 et 5^{cg}) à une quantité relativement élevée du mélange en proportions variables des deux substrats (30^{cm^3} de glycérophosphate M/8 à pH 5,8), nous avons observé que les phosphatases de l'émulsine et des moutardes noire et blanche se partageaient entre les deux substrats proportionnellement à leurs concentrations respectives dans le mélange. Par contre la taka-diastase ($0^g,05$ de ferment, 25^{cm^3} de glycérophosphate M/6 à pH 4,5) se fixe électivement sur le β-glycérophosphate et, dès que la proportion de ce dernier excède 60 pour 100 dans le mélange des deux isomères, il est pratiquement seul hydrolysé.

Conclusions. — Nous avons pu mettre en évidence trois modes différents de comportement des phosphatases végétales vis-à-vis des α et β-glycérophosphates : ces phosphatases peuvent avoir des affinités égales pour les deux isomères, et, dans ce cas, elles peuvent les hydrolyser soit à des vitesses égales, comme l'émulsine, soit à des vitesses différentes, comme les moutardes noire et blanche. Enfin la taka-diastase présente des affinités différentes pour les deux isomères, et les hydrolyses à des vitesses également différentes.

---

(1) Communication inédite.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1416.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Modification de l'activité antirachitique de l'acide orthophosphorique par estérification phénolique.* Note de M. **Raoul Lecoq** et Mlle **Marie-Louise Barban**, présentée par M. E. Leclainche.

Le phosphore, donné en solution huileuse, sous forme de phosphures ou de combinaisons sous-oxygénées (hypophosphites et phosphites), se révèle pratiquement sans action sur la récalcification des os des jeunes rats expérimentalement rachitisés. Au contraire, dès qu'il se trouve totalement oxygéné, comme dans l'anhydride phosphorique et les sels qui en dérivent, le phosphore se montre constamment antirachitique et son activité croît proportionnellement avec le nombre des molécules d'eau fixées par l'anhydride, les métaphosphates étant moins antirachitiques que les pyrophosphates, ceux-ci restant inférieurs encore aux orthophosphates. Salifiant l'acide orthophosphorique, les métaux se comportent différemment selon qu'ils n'atténuent que fort peu, comme le sodium et le potasium, l'efficacité antirachitique de cette source de phosphore, ou bien qu'ils entravent son action, comme le calcium, et plus encore le bismuth, le fer et le manganèse. L'estérification œnolique peut également intervenir pour modifier l'activité antirachitique de l'acide orthophosphorique : c'est ainsi que les sels calciques des esters phosphométhylique et phosphoglycérique apparaissent, à des degrés différents, plus récalcifiants que le phosphate bicalcique qui leur correspond (deux fonctions acides étant, dans tous les cas, fixées par le calcium) [1].

Ces faits étant connus, on pouvait se demander si l'estérification phénolique agirait dans le sens de l'estérification œnolique; et, en supposant que l'estérification phénolique eût une influence favorisante, si celle-ci serait suffisante pour conférer à l'acide phosphoreux (combinaison sous-oxydée) des propriétés antirachitiques, dont il est normalement dépourvu. A l'opposé, cette estérification agirait-elle à la façon des métaux antifixateurs du calcium?

Pour répondre à ces questions, nous nous sommes adressés à trois esters

---

[1] R. Lecoq et F. Villuis, *C. R. Soc. Biol.*, **109**, 1932, p. 638, et **110**, 1932, p. 687; R. Lecoq et H. Villette, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1051, et **114**, 1933, p. 1096; R. Lecoq et R. Gallier, *C. R. Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 1383; R. Lecoq et M. L. Barban, *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 671

phénoliques différents : le triphénylphosphate $(C^6H^5O)^3\equiv PO$, le phosphate de gaïacol $(CH^3O.C^6H^4O)^3\equiv PO$ et le phosphite de gaïacol $(CH^3O.C^6H^4O)^3\equiv P$, que nous avons essayés comparativement, du point de vue antirachitique, avec le phosphate trisodique PO^4Na^3, $12OH^2$ et le phosphite de sodium PO^2Na^2H, $5OH^2$. Les teneurs respectives en phosphore de ces substances sont, comme on sait : 9,51; 7,45; 7,75; 8,15 et 14,35 pour 100. A cet effet, des lots de jeunes rats blancs de 35^g à 45^g ont été rendus rachitiques en 6-8 jours à l'aide du régime Randoin-Lecoq, dont nous rappelons ci-après la composition centésimale (¹) :

Peptone de muscle................	17
Levure de bière sèche pulvérisée...	3
Graisse de beurre.................	5
Huile d'olive......................	5
Saccharose	65
Mélange salin Z 84................	4
Eau distillée et papier filtre........	*ad libitum*

Après un examen radiographique permettant d'observer l'élargissement typique des cartilages de prolifération de la tête du tibia et de l'humérus, les animaux reçurent le même régime additionné selon les lots de 0,50, 0,75, 1, 1,50, 2 et 3 pour 100 de l'une des substances précédentes. Au bout de 10 jours, l'action curative propre des divers composés phosphorés mis en œuvre était contrôlée au moyen d'un nouvel examen radiographique et, après autopsie, par des examens macroscopique et microscopique appropriés.

Tandis que le phosphate trisodique exerçait, à la dose de 2 pour 100, et même de 1,75 pour 100, une action calcificatrice très nette sur les lésions osseuses rachitiques, le phosphite de sodium ne montrait, aux doses utilisées, aucune action. Essayés parallèlement, le triphénylphosphate, le phosphate et le phosphite de gaïacol furent trouvés totalement dépourvus d'efficacité antirachitique.

Il n'est pas surprenant, sans doute, de constater que le phosphite de gaïacol, au même titre que le phosphite de sodium, reste sans action sur les lésions osseuses du rachitisme expérimentalement provoqué chez le rat. Par

---

(¹) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 1277.

contre, les résultats également négatifs obtenus avec le triphénylphosphate et le phosphate de gaïacol méritent d'être retenus.

L'estérification phénolique agit (au moins dans les cas que nous venons de rapporter) à l'inverse de l'estérification œnolique, puisqu'elle entraîne — à la façon des métaux antifixateurs de calcium — un véritable blocage de l'activité phosphorique. Notons que la lécithine étudiée par ailleurs se montre, pour une même proportion de phosphore, d'activité antirachitique égale à celle de l'acide orthophosphorique, malgré la présence de multiples chaînes annexes. Le fait observé demeure, par conséquent, assez exceptionnel.

Conclusions. — A l'inverse de l'estérification œnolique, l'estérification phénolique entrave manifestement l'activité antirachitique de l'acide orthophosphorique. Il semble que cette estérification agisse comme inhibitrice de la calcification osseuse, à la façon de certains métaux antifixateurs du calcium.

BACTÉRIOLOGIE AGRICOLE. — *Nouvelles observations sur la fatigue des luzernières.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Antoine Dunez**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons indiqué (1) que la production par la luzerne d'un bactériophage fournissait une explication satisfaisante du phénomène connu sous le nom de *fatigue du sol.* Nous avons tenu à en apporter une démonstration expérimentale directe. A cet effet nous avons opéré en culture pure, en utilisant un matériel spécial, en pyrex, permettant le développement de la plante dans un milieu préalablement stérilisé, constitué par du sable de Fontainebleau imprégné d'une solution nutritive appropriée, exempte d'azote. L'ensemencement a été fait avec des graines désinfectées ayant subi un début de germination sur gélose nutritive stérile. Deux plantules étaient portées aseptiquement dans chaque tube. Le tableau suivant résume l'expérience :

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1344.

1. Témoin	Développement insignifiant. Mort rapide de la plante.
2. Témoin + 2^{cm^3} suspension B. radic. et 5^{cm^3} filtrat bactériophage	Très faible développement, feuilles chlorotiques, très rares nodosités grisâtres, bactéroïdes en voie de dégénérescence.
3. Témoin + 5^{cm^3} culture préalablement lysée par addition de bactériophage.	Développement un peu meilleur dû à l'utilisation de l'azote microbien provenant de la lyse. Très rares nodosités grisâtres; bactéroïdes en voie de dégénérescence.
4-5. Témoin + 2^{cm^3} suspension B. radic. (2 souches)	Développement normal, feuilles vert foncé, très nombreuses nodosités, bactéroides normaux.
6. Témoin + Nitrate de chaux	Développement normal, racines sans nodosités.

On constate que l'addition de filtrat bactériophage au milieu compromet le développement de la luzerne malgré l'apport de *B. radicicola;* dans certains cas, les nodosités sont complètement absentes et la plante meurt après quelques semaines; dans d'autres cas, elle porte quelques rares nodosités de constitution anormale et reste chétive. Accessoirement il n'est pas sans intérêt de noter que l'azote d'origine microbienne apporté par la culture lysée s'est montré susceptible d'utilisation par la plante.

Étude de terres fatiguées. — En vue d'étudier le développement de la luzerne dans des sols fatigués, deux terres provenant de vieilles luzernières d'Antibes et d'Avignon et renfermant du bactériophage très actif vis-à-vis du *B. radicicola*, ont été réparties en deux séries de pots de 10^{kg} comme suit : 1° terre non séchée; 2° terre séchée à l'air; 3° terre séchée à l'air et débarrassée des racines; 4° terre préalablement irriguée.

Avant l'ensemencement. les graines ont été désinfectées. La levée s'est effectuée normalement, mais la croissance est restée très faible dans tous les pots. Au bout de deux mois, on a constaté que le système radiculaire était partout bien développé avec un chevelu extrêmement abondant, mais les nodosités étaient absentes ou très petites et fort rares.

Cette expérience a été reprise en faisant sécher la terre de quelques pots, établie en couche mince au soleil, pendant plusieurs jours. La recherche du bactériophage est devenue négative; la luzerne est restée néanmoins très chétive.

Dans une troisième série d'essais sur les mêmes terres, nous avons inoculé

les graines de plusieurs pots avec diverses souches de *B. radicicola*. Le départ de la végétation fut alors bien meilleur que dans les témoins, et dans la suite, les différences allèrent rapidement en s'accentuant. Tandis que, dans le cas d'inoculation, les racines portaient de très nombreuses nodosités rose clair, dans les pots témoins elles étaient absentes ou très rares, petites et grisâtres. Les frottis de celles-ci examinés au microscope montraient, dans le cas d'inoculation, des bactéroïdes normaux donnant à nouveau sur gélose des cultures florissantes; les témoins, au contraire, ne renfermaient que des bactéroïdes en voie de dégénérescence, cultivant très difficilement et disparaissant après quelques repiquages.

On peut donc considérer comme établi que dans une terre fatiguée, le *B. radicicola* a disparu par suite d'une action bactériophagique. Tant que le bactériophage subsiste, la terre demeure impropre au développement de la luzerne. Après sa disparition, sous l'influence de diverses causes, comme la dessiccation ou l'irrigation, le réensemencement du milieu par inoculation des graines permet un développement normal de la légumineuse.

Inoculation des graines. — L'inoculation des graines n'a guère été jusqu'ici pratiquée en France. Si l'emploi des cultures de laboratoire a souvent donné des échecs, on peut incriminer la mauvaise qualité de ces cultures susceptibles de perdre leur virulence, soit en l'absence d'oxygène, soit en présence de traces de bactériophage. Les résultats ont d'ailleurs été bien meilleurs en ces dernières années. Lochhead, au Canada (1930); Barthel, en Suède (1931); Thornton, en Angleterre (1931); Gerretsen, en Hollande (1933), ont obtenu une proportion élevée de succès. Les expériences que nous avons poursuivies en plein champ, dans diverses régions où la culture de la luzerne avait donné lieu à de nombreux échecs, ont prouvé que l'inoculation de la graine peut entrer facilement dans la pratique et comporter de grands avantages.

A $15^{h}55^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}20^{m}$.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 19 novembre 1934.)

Note de M. *Edmond Rouelle*, Sur les régimes transitoires, à l'enclenchement d'un circuit oscillant comportant un noyau de fer :

Page 1103, ligne 14, *au lieu de* égale à μF, *lire* capacité, égale à 150 μF.

Page 1104, ligne 15, *lire :* 2. *Influence de l'instant d'enclenchement, lorsque* φ_r *et* v_0 *sont nuls;* ligne 3 à partir du bas, *lire :* 3. *Influence du flux rémanent, lorsque* v_0 *est nul.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 DÉCEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **J. Perrin** est élu Vice-Président pour l'année 1935 par 52 suffrages contre 3 à M. *M. Brillouin*.

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Ch. Lallemand**, par 48 suffrages, et M. **E.-L. Bouvier**, par 53 suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le bureau le tome 61 des *Mémoires de l'Académie*, M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Le présent Volume est en grande partie constitué par les travaux géologiques de la Mission du Tibesti (1930-1931) dirigée par M. Dalloni.

On y trouve exposés les travaux géodésiques et topographiques effectués par les capitaines Simon et Cance, une longue étude géographique et géologique due à M. Dalloni, avec une carte topographique et une carte géologique, la première au millionième, la seconde au deux-millionième; une description pétrographique des roches du substratum ancien par M. de Choubersky, et enfin des notes paléontologiques dues à MM. Dalloni, Arambourg, Amossé, Corsin.

M. A. **Lacroix** a rédigé un important Mémoire consacré à l'étude du volcanisme et de la lithologie minéralogique et chimique du massif volcanique qui couronne le massif du Tibesti. Elle est suivie d'une comparaison avec toutes les roches volcaniques et intrusives similaires du Sahara, de la Lybie et des contours de la mer Rouge.

Grâce aux efforts de M. Dalloni, qui complètent ceux de notre confrère Tilho, le massif de Tibesti est aujourd'hui l'un des mieux connus de l'Afrique.

Ce volume contient 20 planches de photographies et de nombreuses cartes ou coupes dans le texte.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'Abaque de Rateau.* Note de M. L. **Lecornu**.

Sous le titre : *Abaque des consommations théoriques d'une machine à vapeur et nouvelle loi relative à la vapeur d'eau*, Rateau a fait paraître en 1897 (¹) un article accompagné d'un abaque utilisé depuis lors par tous les spécialistes. C'est la traduction graphique de la formule

$$K = 0,85 + \frac{6,95 - 0,92 \log p_1}{\log p_1 - \log p_2}, \tag{1}$$

où $\log p_1$ et $\log p_2$ sont les logarithmes vulgaires des pressions (en kilogrammes par centimètre carré) existant dans la chaudière et dans le condenseur, tandis que K désigne la consommation de vapeur en kilogrammes par cheval-heure. En prenant comme coordonnées cartésiennes $\log p_1$ et $\log p_2$, les lignes d'égale consommation sont des droites concourant au point pour lequel $\log p_1 = \log p_2 = 695/92$.

La méthode qui a conduit l'auteur à ce résultat est assez curieuse. En négligeant les variations de la chaleur spécifique de l'eau, la Thermodynamique lui fournit la relation approchée

$$(t_1 - t_2)\left(\frac{r_1}{t_1} + \frac{t_1 - t_2}{2t_2}\right) = \frac{635,2}{K} \qquad (t_1 > t_2), \tag{2}$$

dans laquelle t_1 et t_2 sont les températures absolues des deux sources et r_1 la chaleur de vaporisation à la température t_1 de la chaudière. Les Tables

(¹) *Annales des Mines*, **11**, 1897, p. 242.

de Regnault donnent r et t en fonction de p. Il est donc aisé, en partant de (2), de construire l'abaque représentant K en fonction de p_1 et p_2. C'est ce qu'avait d'abord fait Rateau. Puis, ayant imaginé d'anamorphoser en substituant $\log p$ à p, il eut, dit-il, la grande surprise de voir les points d'égale consommation se placer en ligne droite et toutes ces lignes converger à grande distance. Les coefficients numériques de la formule (1) ont été déterminés de façon à concorder le mieux possible avec l'abaque ainsi dessiné.

Les équations (1) et (2) sont mathématiquement incompatibles, car on constate notamment que, d'après (1), K s'annule pour

$$0,07 \log p_1 + 0,85 \log p_2 = 6,95$$

tandis que, d'après (2), cela n'arrive que pour $t_2 = 0$, d'où $p_2 = 0$.

Comment donc se fait-il que, dans un domaine assez étendu, l'accord soit fort satisfaisant? C'est le point que je vais examiner; mais, sous peine de me lancer dans des calculs inextricables, je dois me borner à un aperçu assez sommaire.

En posant

$$\frac{1370,4}{K} = h, \quad \frac{2r_1}{t_1} = \frac{1}{\omega}, \quad \lambda = h\omega \quad \text{et} \quad t_1 = x, \quad t_2 = y, \quad t_1 - t_2 = z,$$

l'équation (2) donne

$$x = z + \frac{\omega z^2}{\lambda - z}, \quad y = \frac{\omega z^2}{\lambda - z}. \tag{3}$$

D'après la Table de Regnault, ω est une fonction de x inférieure à l'unité et lentement croissante. Admettons que si la température de la chaudière ne s'écarte pas trop d'une valeur fixe, par exemple 150° ($x = 273$), on puisse traiter ω comme une constante : on substitue ainsi à la vapeur d'eau un fluide fictif qui, au voisinage de 150°, possède à peu près la même chaleur de vaporisation. Dès lors, sur une ligne d'égale consommation ($h =$ const.), λ demeure invariable, et cette ligne se présente comme un arc d'hyperbole issu de l'origiue (zéro absolu) et ayant pour asymptote la droite $x - y = z = \lambda$. En prenant, comme variable indépendante, la chute de température z, on obtient les relations

$$\left\{ \begin{array}{l} y' = \dfrac{\omega z(2\lambda - z)}{(\lambda - z)^2}, \quad x' = 1 + y', \quad x'' = y'' = x'y'' - x''y' = \dfrac{2\lambda^2\omega}{(\lambda - z)^3}, \\ xy' - x'y = zy' - y = \dfrac{2\lambda\omega z^2}{(\lambda - z)^2}. \end{array} \right. \tag{4}$$

L'anamorphose de Rateau consiste à prendre comme coordonnées, au lieu de x et y, les logarithmes vulgaires des pressions. On ne possède malheureusement que des formules empiriques et plus ou moins compliquées pour exprimer la pression en fonction de la température. Faute de mieux, contentons-nous de la vieille formule de Duperrey : $p = (\theta/100)^4$, où θ désigne la température centigrade. Elle donne entre 100° et 200° une approximation assez grossière, il est vrai, mais elle a le mérite de se prêter aisément aux calculs qui vont suivre. Ici encore, nous substituons à la vapeur d'eau un fluide fictif qui n'en diffère pas énormément.

Soient ξ, η les logarithmes vulgaires des températures centigrades x_1 et y_1 qui ne se distinguent de x et de y que par la constante $c = 273$; alors :

$$\xi = 4 \log x_1 - 8, \qquad \eta = 4 \log y_1 - 8.$$

Nous pouvons omettre la constante 8, qui correspond à une simple translation. Pour substituer aux logarithmes vulgaires les logarithmes népériens, il suffit d'introduire le facteur 0,434, ce qui conduit à écrire :

$$\xi = 1,736 \operatorname{Log} x_1, \qquad \eta = 1,736 \operatorname{Log} y_1.$$

En remarquant que les dérivées de x_1 et y_1 sont égales à celles de x et y, on trouve

$$\xi'\eta'' - \xi''\eta' = (1,736)^2 \left[\frac{x'y'' - x''y'}{x_1 y_1} - \frac{x'y'}{x_1^2 y_1^2}(xy' - yx' + c)\right].$$

Posons d'autre part

$$\sigma' = 1,736 \sqrt{\left(\frac{x'}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{y'}{y_1}\right)^2}.$$

Le rayon de courbure d'une ligne d'égale consommation est

$$\mathrm{R} = (1,736 \frac{\sigma'^3}{\xi'\eta'' - \xi''\eta'}.$$

Au moyen des équations (4), on peut calculer x'', y'', $xy' - yz'$, $xy'' - x''y'$, et par conséquent R, en fonction de z, λ, ω.

Application numérique. — Supposons, par exemple, que les températures de la chaudière et du condenseur soient respectivement $x_1 = 150°$ et $y_1 = 40°$. Pour 150°, la table de Regnault donne $r/t = 1,184$. Partant de là, on parvient à la valeur numérique

$$\mathrm{R} = 54,63.$$

L'abaque de Rateau, tel qu'il se trouve dans les *Annales des Mines*, est

à l'échelle de 10^{cm} pour le nombre 1; à cette échelle, le rayon de courbure mesure donc plus de 5^{m} alors que l'abaque tient tout entier dans un rectangle de $14^{cm} \times 17^{cm}$. Il n'est donc pas étonnant que les lignes d'égale consommation apparaissent comme sensiblement droites. Au surplus, Rateau signale lui-même que l'emploi de l'abaque comporte des erreurs pouvant atteindre 2 à 3 millièmes de la consommation théorique.

Pour retrouver la convergence apparente de ces lignes, il faudrait sans doute avoir recours à une loi des pressions plus exacte que celle de Duperrey.

En tout cas, on est, semble-t-il, autorisé à conclure que la forme des lignes d'égale consommation s'explique sans avoir besoin de dire, avec Rateau, qu'il y a là « une nouvelle loi relative à la vapeur d'eau ». Cette forme est une simple conséquence du procédé employé pour établir l'abaque. Mais le résultat pratique conserve une grande importance.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La conservation en cave des tubercules de Pomme de terre dans l'Atlas marocain et ses effets.* Note de MM. **Julien Costantin** et **Émile Miège.**

Une Note sur la culture de la Pomme de terre au Maroc en 1933 a déjà été publiée antérieurement (1); elle exigeait des essais nouveaux.

I. *Conservation des tubercules à Ifrane.* — Au début de juin 1933, M. Emberger transporta dans l'Atlas, à 1640^{m} d'altitude (laboratoire d'Ifrane), les tubercules des deux variétés de Pomme de terre (*Industrie* et *Maréchal-Pétain*) qui venaient d'être récoltées à Rabat, le 30 mai, afin de les conserver en bon état pour la campagne culturale suivante.

En même temps, il y ajouta 20 tubercules « tout venant » achetés à Rabat, qui, d'après une longue expérience agricole marocaine et algérienne ne devaient donner que des résultats aléatoires dans une nouvelle culture.

Les tubercules des trois catégories précédentes furent placés dans une cave bien saine du laboratoire d'Ifrane et l'on constata qu'ils se conservèrent en bon état pendant tout l'été. A l'automne, on les ramena à Rabat dans une cave pour les cultiver en 1934.

Si tous les tubercules des deux variétés *Industrie* et *Maréchal-Pétain* (qui venaient antérieurement de cultures des Alpes) étaient restés tous sains et bien conservés jusqu'à l'époque d'une nouvelle plantation (février 1934) à Rabat, il n'en était pas de même des tubercules *tout venant*, car sur vingt, trois s'étaient gâtés.

---

(1) J. Costantin, *C. R. Acad. Agric.*, 20, 1934, p. 146. Ce travail a été fait en collaboration avec M. Emberger, qui n'a pu continuer ces essais, en 1934.

Comme contrôle, en même temps (1er juin 1933), on prit 20 tubercules semblables *tout venant* de même origine, c'est-à-dire achetés à Rabat, afin d'essayer de les conserver, dans cette ville, sans les cultiver. Or à l'automne de 1933 on constata qu'ils étaient *tous* gâtés et inutilisables pour une nouvelle plantation.

Des essais analogues aux précédents ont été répétés en 1934 à Ifrane et aussi à Rabat et ont donné les mêmes résultats. Dans l'Atlas, les tubercules récoltés en juin 1934 à Rabat (à la suite des cultures mentionnées plus loin) se sont conservés en bon état pendant l'été aussi bien à 1640m d'altitude (Ifrane) qu'à 1100m (El Hajeb).

D'autre part, cette année, la conservation des tubercules à Rabat en magasin, dans le sable sec malgré toutes les précautions prises, a été mauvaise : ils se sont encore gâtés. Pour savoir ce que ce mot signifiait, des échantillons ont été mis de côté et seront étudiés ultérieurement afin de préciser les causes de cette altération.

Dans la cave de la station de l'Agriculture de Rabat et en sable il n'y eut aucune pourriture mais seulement un développement rapide et excessif des germes qui ont atteint 30cm et plus; ils ont été coupés à plusieurs reprises. Les tubercules se sont ridés et ramollis, mais en conservant une apparence saine.

Enfin, au frigidaire, à + 3°, la conservation a été parfaite; les Pommes de terre sont restées dures, fermes, avec des germes de quelques millimètres de long.

II. *Variation de poids des tubercules conservés.* — Voici les variations des poids observées sur *Industrie* pendant la conservation à Ifrane en 1933, puis à Rabat, qui a duré du 1er juin 1933 au 5 février 1934 :

Numéros des tubercules	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Poids : 30 mai 1933	170	146	141	125	84	78	59	55	44	38	34	31	14	10	8
» : février 1934	142	122	110	105	65	60	45	40	35	27	22	20	8	3	2
Perte pour 100	17	17	22	16	23	24	24	28	21	29	36	36	43	30	75

La perte est énorme pour les petits tubercules nos 13, 14 et surtout 15.

III. *Difficultés de la culture de la Pomme de terre au Maroc.* — Tandis qu'en France on peut prélever des tubercules-semences à la fin de chaque récolte annuelle, au Maroc (ainsi qu'en Algérie), au bout d'une année de culture la semence est comme épuisée. Ce sont les difficultés de la conservation (provoquées par la température tiède du littoral) qui s'opposent à l'utilisation des tubercules. C'est à peu près la règle générale qu'on ne peut s'en servir qu'une fois. Toutefois les pieds des *cultures d'hiver* (expression un peu impropre mais consacrée) plantés en février et récoltés fin juin, sont souvent utilisés pour la culture irriguée d'été et plantés en juillet ou août [1]. Ceci exclut d'ailleurs la possibilité de sélectionner pour les adapter au Maroc. La Pomme de terre dans toute l'Afrique du Nord est un mets de luxe; elle est surtout utilisée pour les cultures de primeurs expédiées en France.

---

[1] Sans doute, leur maturité est imparfaite, mais la température élevée de cette saison et l'humidité due à l'irrigation y remédient; d'ailleurs certains agronomes ont recommandé une récolte *prématurée* des tubercules des cultures d'hiver.

Si grâce à un séjour dans l'Atlas pendant l'été et la conservation en cave dans cette montagne les tubercules gardent leur activité germinative; si, d'autre part, les frais de transport en montagne ne sont pas prohibitifs (ils n'élèvent pas trop le prix de revient), le premier résultat serait très intéressant pour la culture de la plante au Maroc.

Les remarques précédentes conduisent à chercher à contrôler le degré de vitalité et surtout la productivité des tubercules conservés à Ifrane (été de 1933) et à Rabat (automne 1933 et hiver jusqu'en février 1934). Cette question est d'importance capitale pour le Maroc.

IV. *Cultures d'hiver à Rabat en* 1934. — Pour abréger, nous ne citerons que deux variétés :

a. *Variété tout venant* (achetée à Rabat, conservée à Ifrane l'été, transportée à Rabat en automne mise en cave jusqu'à la plantation). Date de plantation, 15/2/34; de la récolte, 6/6; écartements des pieds $70^{cm} \times 45^{cm}$. Superficie culturale, $7^{m^2},355$:

Numéros des tubercules.	Poids des tubercules plantés.	Maladies.	Nombre des tubercules nouveaux.	Rendement de chaque pied.
1	55^g	Mildiou 19/5	33	1070^g
3	40	»	22	360
5	28	»	19	350
7	23	Frisolée 10/4	8	90
9	19	Mildiou 19/5	3	30
11	16	»	17	350
13	10	Mildiou 19/5 et frisolée 2/5	4	30
15	8	Mildiou 19/5	4	80
17	5	»	3	80

b. *Variété Industrie* (originaire des Alpes, conservée de même). Mêmes dates, superficie $11^{m^2},025$. On ne cite que 2 pieds : l'un sain (n° 2) (sans dégénérescence), l'autre atteint de Frisolée (n° 3) pour abréger :

Pied n° 2.

1	142^g	Mildiou 19/5	42	695^g
3	110	»	42	1290
5	165	»	38	1150
7	45	»	40	870
9	35	»	38	980
11	22	»	32	835
13	8	»	12	695
15	2	»	14	1180

Pied n° 3 (atteint de Frisolée).

1	20 g	Frisolée 30/3	3	135 g
3	10	»	9	100

Des résultats analogues ont été obtenus avec la variété *Maréchal-Pétain* (obtenue par hybridation dans les établissements Vilmorin), mais moins bons car la purification au point de vue de la dégénérescence était imparfaite.

Il découle des résultats de cette culture que, *grâce à la conservation des tubercules en montagne dans une cave*, on a pu très bien cultiver la même variété *deux fois* à Rabat et les résultats de cette deuxième culture sont bons (surtout pour *Industrie*).

V. *Rendements complets obtenus en* 1933 *et en* 1934 *à Rabat.*

	Rendement total.	Rendement moyen.
En 1933 :		
Variété *Industrie* : 10 tubercules	5698 g	569 g
Variété *Maréchal-Pétain* : 7 tubercules...	1847	263
En 1934 :		
Tout venant (acheté à Rabat conservé à Ifrane) : 17 tubercules	4820	283
Industrie (conservé l'été à Ifrane) :		
Pied 2 : 8 tubercules	7695	961
» 3 : 2 »	235	117
» 4 : 6 »	7225	1204
» 5 : 4 »	4560	1140
» 6 : 2 »	565	282
» 7 : 3 »	295	98
» 8 : 4 »	5635	1408
» 9 : 8 »	8230	1028
» 10 : 5 »	5385	1077
		Moyenne : 812
Maréchal-Pétain (conservé l'été à Ifrane) :		
Pied 1 : 2 tubercules	965	382
» 2 : 3 »	1600	520
» 3 : 3 »	1915	638
» 4 : 4 »	2950	737
» 5 : 4 »	3270	817
» 6 : 3 »	2525	847
» 7 : 4 »	2675	668
		Moyenne : 657

La Frisolée diminue beaucoup le rendement. La sélection appliquée à *Industrie* (en éliminant en 1934 les pieds n° 3, 6 et 7 c'est-à-dire en les

arrachant dès que la Frisolée est reconnue) donne un rendement moyen de 974^g au lieu de 812^g.

Conclusion. — De ce qui vient d'être exposé il découle que la simple *conservation des tubercules de la Pomme de terre dans une cave de montagne* pendant l'été permet de cultiver *deux fois* la même variété à Rabat, avec augmentation du rendement moyen : pour *Industrie*, il passe de 569^g par pied (1933) à 812^g et même à 974^g, si l'on arrache les pieds malades de Frisolée dès qu'ils sont reconnus; idem pour *Marécal-Pétain*. Le rendement *h* ainsi obtenu est supérieur à celui qu'on obtient couramment au Maroc 181^g à 272^g par pied (c'est-à-dire 6000 à 9000^{kg} à l'hectare 33 000 pieds).

Non seulement un obstacle grave à la culture de la Pomme de terre au Maroc paraît pouvoir être surmonté, car on ne pouvait cultiver qu'une fois une variété, mais le rendement est en outre fortement accru et cela sans faire de culture en montagne. Nous exposerons ultérieurement ce qui arrive quand on cultive à 1100^m pendant l'été avec irrigation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition élémentaire de quelques plantes cultivées.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Virgil Ghitescu.**

Malgré les innombrables données analytiques accumulées depuis longtemps dans les laboratoires sur la composition des plantes et de leurs parties, il n'est pas encore possible de représenter d'une manière exacte la composition élémentaire quantitative de la matière végétale et l'on se trouve arrêté dans l'étude d'un grand nombre de problèmes touchant à la physiologie végétale et à l'agriculture.

Ces difficultés proviennent de ce que toutes les analyses élémentaires publiées jusqu'ici sont incomplètes, ne portant, en général, que sur un nombre réduit des métalloïdes et des métaux contenus dans les plantes. La teneur en éléments combustibles ou gazéifiables (C, H, O, ...) n'a été déterminée que dans un très petit nombre de cas et sans tenir compte des causes d'indétermination du carbone et de l'oxygène dues à la présence et à la nature des cendres. Quant aux autres dosages, effectués sur le résidu de l'incinération, ils n'ont porté dans la grande majorité des cas que sur quelques éléments, et, pour certains d'entre eux, tels que le phosphore et le soufre, à l'aide de méthodes incorrectes [1].

Les résultats que nous publions aujourd'hui représentent une première contribution à la connaissance de la composition élémentaire quantitative

(1) Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 886.

de la matière végétale. Ils ont été obtenus à partir de plantes de grande culture, ce qui permet déjà de les faire intervenir dans l'étude des besoins en substances fertilisantes, de l'épuisement des sols, de l'opportunité des assolements, etc.

Les espèces analysées appartiennent à quatre familles végétales. Ce sont le Colza (*Brassica napus* var. *oleifera* D. C.) de la famille des Crucifères, la Luzerne (*Medicago sativa* L.) de la famille des Légumineuses, le Sarrazin (*Polygonum fagopyrum* L.) de la famille des Polygonées et l'Avoine (*Avena sativa* L.) de la famille des Graminées.

Ces plantes ont été cultivées les unes à côté des autres, dans le même sol, formé de terre de jardin, à l'Institut Pasteur; elles se sont ainsi partagé les mêmes aliments, chacune selon ses besoins, ce qui permet de nouvelles et utiles comparaisons. En outre, pour le colza, il a été examiné deux cultures, de deux années différentes, afin d'avoir une idée de l'importance des changements de composition qui peuvent se présenter d'une récolte à une autre.

Les recherches ont été effectuées sur les plantes complètement développées, au moment de la floraison. La partie aérienne a été séparée de la racine par une section du collet, pesée aussitôt, puis lavée, rapidement, d'abord à l'eau ordinaire, ensuite à l'eau distillée, pour la débarrasser des particules terreuses et des poussières dont la présence aurait faussé les résultats del'analyse. Après l'avoir égouttée, on l'a essorée entre des feuilles de papier à filtre, séchée dans une chambre thermostat, puis dans une étuve chauffée à $+105^{\circ}$, jusqu'à póids constant. La masse sèche a été réduite alors en poudre grossière, entre les mains. Une partie de cette poudre a servi au dosage du fer ([1]) et du manganèse ([2]), le reste a été passé au moulin de façon à obtenir une poudre fine pour les autres déterminations analytiques.

Les dosages du carbone et de l'hydrogène ont été exécutés par combustion en tube fermé, en présence de bichromate de potassium. On a évité ainsi la rétention du carbone à l'état de carbonates dans les cendres. L'azote a été dosé par la méthode de Dumas, le soufre et le phosphore par la méthode mixte due à l'un de nous ([3]).

([1]) Selon L. Maquenne, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **29**, 1921, p. 585.

([2]) Gab. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **9**, 1911, p. 361.

([3]) Gab. Bertrand, *Caoutchouc et Guttapercha*, **4**, 1907, p. 1201; et appliquée aux végétaux, par Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 886, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **47**, 1930, p. 95.

Les cendres ont été déterminées par combustion en deux temps, au four à moufle, à la plus basse température possible. Après l'élimination de la silice et du phosphate ferrique, le calcium en a été séparé à l'état d'oxalate en milieu acétique, puis le magnésium à l'état de phosphate double ammoniacal (1). Quant au potassium et au sodium, ils ont été dosés, le premier sous la forme de perchlorate et le second sous celle d'acétate triple de Streng (2). Enfin, le zinc a été isolé en passant par le zincate de calcium (3).

Tous ces dosages étant réalisés, il fallait encore déterminer la proportion d'oxygène. Dans les analyses par combustion, lorsqu'on opère sur une substance formée exclusivement de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, on dose directement les trois premiers de ces métalloïdes et l'on évalue l'oxygène par différence. La solution du problème est beaucoup plus compliquée lorsqu'on opère sur un végétal, à cause de nombreux éléments qui se trouvent, en totalité ou en partie, dans les cendres. Boussingault, Müntz, Berthelot et André, Maquenne et d'autres expérimentateurs qui ont cherché à déterminer la teneur en oxygène de certains végétaux ont simplement retranché de 100 les proportions obtenues de carbone, d'hydrogène, d'azote et de cendres, ou, parfois, de cendres supposées exemptes d'acide carbonique.

Cette façon de procéder est manifestement insuffisante et aboutit à un chiffre trop faible pour représenter l'oxygène. Au carbone, à l'hydrogène et à l'azote, nous avons ajouté le soufre et le phosphore, puis le silicium et les divers métaux dosés dans les cendres et c'est le total ainsi obtenu que nous avons retranché de 100 pour calculer la proportion de l'oxygène. Nous avons négligé, dans cette approximation, les éléments, comme le bore, l'iode. le titane, le nickel, l'aluminium, etc. dont les proportions sont si petites que leur ensemble n'affecte pas le chiffre trouvé, eu égard au degré de précision du dosage des éléments combustibles.

Les plantes examinées contenaient au moment de la récolte :

---

(1) En suivant la technique décrite par E. CANALS (voir *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **31**, 1922, p. 186).

(2) GAB. BERTRAND, *Ann. Sc. agr.*, **46**, 1929, p. 1.

(3) GAB. BERTRAND et M. JAVILLIER, etc. (voir *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **45**, 1929, p. 168).

	Eau °/₀.	Matières sèches °/₀.	Cendres °/₀.
Colza n° 1 (18 juin 1931)	87,85	12,15	2,33
Colza n° 2 (2 juillet 1932)	86,96	13,04	1,95
Luzerne (26 juillet 1932)	75,03	24,97	2,43
Sarrazin (2 juillet 1932)	89,86	10,14	1,77
Avoine (12 juillet 1932)	82,92	17,08	1,98

Elles ont fourni, à l'analyse, les résultats suivants, rapportés à 100 parties de matières sèches :

	Colza				
	n° 1.	n° 2.	Luzerne.	Sarrazin.	Avoine.
Carbone	39,98	42,68	45,37	38,90	45,45
Hydrogène	5,02	5,44	5,54	4,65	5,48
Oxygène	40,35	40,10	41,32	43,87	40,15
Azote	5,06	4,24	3,30	3,94	3,01
Soufre	1,225	1,105	0,435	0,298	0,570
Phosphore	0,557	0,459	0,282	1,024	0,476
Calcium	4,074	2,733	2,310	3,150	0,732
Magnésium	0,425	0,366	0,329	1,221	0,333
Potassium	2,871	2,496	0,906	2,907	2,011
Sodium	0,408	0,354	0,157	0,011	0,566
Silicium	0,0171	0,0126	0,037	0,021	1,269
Fer	0,0081	0,0087	0,010	0,010	0,005
Manganèse	0,0072	0,0046	0,0014	0,0014	0,0005
Zinc	$\stackrel{\times}{\times}$ 0,0050	$\stackrel{\times}{\times}$ 0,0050	0,0014	$\stackrel{\times}{\times}$ 0,0015	$\stackrel{\times}{\times}$ 0,0025

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des considérations théoriques et pratiques auxquelles les résultats de nos analyses peuvent donner lieu; nous ferons seulement quelques remarques.

Tout d'abord ces résultats présentent un assez grand parallélisme lorsqu'on passe d'une plante à une autre, surtout en ce qui concerne les métalloïdes les plus abondants. Il y a cependant d'intéressantes variations. Les plus notables commencent avec l'azote, s'accentuent avec le soufre et le phosphore, deviennent surtout importantes avec le silicium et avec les métaux. De sorte que chaque plante présente un faciès chimique particulier, dû à ce qu'elle assimile, dans des conditions de culture cependant aussi semblables que possible, les éléments de sa construction dans une mesure qui lui est propre : ainsi, le colza fixe plus d'azote que l'avoine et même que la luzerne; il absorbe, comme cette dernière, plus de soufre que de phosphore; mais, à côté, l'avoine se constitue avec des proportions à peu

près égales des deux derniers métalloïdes et le sarrazin puise dans le sol trois fois plus de phosphore que de soufre.

Ces notions, approfondies et mises en pratique, ne peuvent manquer de rendre des services à l'agriculture.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la vitesse de propagation du son dans le quartz*. Note de MM. **Armand de Gramont** et **Daniel Béretzki**.

Considérons une lame de quartz d'épaisseur e dont les faces sont perpendiculaires à un axe électrique et faisons-la vibrer en une demi-onde suivant cet axe. Si l'on essaie de prévoir la fréquence au moyen de la formule de Newton : $V = \sqrt{E/\rho}$, on relève des écarts de près de 20 pour 100 entre la fréquence calculée et la fréquence mesurée; A. Hund a proposé, à la suite de nombreux essais, une formule empirique fixant la valeur de V à 5740 m/s, alors que la valeur théorique est 5440. Les divergences observées ont parfois été attribuées, mais à tort, à des impuretés du cristal; d'autre part, la forme de l'échantillon peut de son côté influer sur la vitesse de propagation, mais dans ce cas la variation constatée ne dépasse guère 2 à 3 pour 100. En fait, la formule de Newton n'est valable que si le diamètre de la lame est petit par rapport à son épaisseur, c'est-à-dire à la demi-longueur d'onde ultra-sonore; il n'en est pas ainsi dans les lames piézo-électriques.

Nous avons recherché les conditions dans lesquelles la vitesse du son dans le quartz peut être définie avec précision, ce qui, par surcroît, devait permettre de prévoir la fréquence de résonance du cristal; nous avons ainsi constaté que la vitesse de propagation du son est variable et qu'elle peut prendre une série de valeurs qui dans nos essais ont été comprises entre 4748 et 6094 m/s, chacune de ces valeurs correspondant à des conditions bien déterminées.

Soit une lame de quartz très pure, perpendiculaire à un axe binaire; découpons dans cette lame une série de longs barreaux de dimensions identiques, mais d'orientations différentes par rapport à l'axe optique. L'angle de la plus grande dimension du barreau avec l'axe optique est compté dans le sens des aiguilles d'une montre, la face du quartz observée étant la face positive par compression.

Si nous mesurons la vitesse de propagation du son pour chacun de ses barreaux *le long de l'axe électrique*, c'est-à-dire perpendiculairement au

plan primitif de la lame, nous constatons que cette vitesse varie d'une façon continue selon l'orientation des barreaux, les valeurs extrêmes différant de 22 pour 100. Ces vitesses sont données dans le tableau suivant; nous avons ajouté les fréquences correspondantes et les modules d'élasticité apparents.

Angle avec l'axe optique.	Vitesse de propagation.	Fréquence.	Module d'élasticité apparent.
° ′	m/s	Kh	
0. 0	6094	677	9846.10^8
20. 0	5096	566	6885
30. 0	4745	527	5969
40. 0	4893	543	6347
48.19	4990	554	6603
60. 0	5155	572	7044
80. 0	5504	611	8034
90. 0	5748	638	8737
100. 0	5992	658	9521
108.28	5788	643	8885
120. 0	5772	641	8832
140. 0	5676	630	8541
150. 0	5688	632	8586
160. 0	5725	636	8694

Ainsi la vitesse de propagation de l'onde ultra-sonore le long d'un axe électrique et par suite la fréquence se trouvent être une fonction de l'orientation du barreau; les valeurs données dans le tableau précédent correspondent à des quartz dont les dimensions étaient $4^{mm},5 \times 4^{mm},5 \times 21^{mm},5$.

Par contre nous avons pu, en modifiant les dimensions de barreaux d'épaisseur constante, leur donner la même fréquence quelle que soit leur orientation; une plaquette de quartz reconstituée en respectant ces proportions relatives présente entre autres la propriété remarquable de supporter une tension environ dix fois plus élevée que celle qui serait admise par un disque circulaire. Cette forme particulière donnée aux lames piézo-électriques a permis d'étendre leur domaine du côté des très hautes fréquences.

En offrant à l'Académie le Tome X de sa *Description géométrique détaillée des Alpes françaises* (douzième élément paru sur les quatorze prévus), M. **Paul Helbronner** s'exprime de la façon suivante :

Avec ce volume, j'arrive, si j'ose ainsi parler, au point culminant de ma

Description géométrique des Alpes françaises, autant par l'élévation matérielle moyenne des sommets qui y sont décrits et calculés que par le niveau des efforts et des résultats qui ont permis son établissement; non, que dans des campagnes ultérieures, certaines disciplines et certains modes opératoires n'aient pas présenté des originalités différentes de celles qui peuvent se révéler ici et n'aient pas été employés avec un rendement relatif peut-être plus fécond, mais parce que la documentation des campagnes 1905 et 1906, époques principales des moissons obtenues dont il est ici question, s'est poursuivie pendant sept mois effectifs d'opérations sur le terrain avec un bonheur et dans une atmosphère de chance continue plus exceptionnels peut-être que pour l'une quelconque de ces autres campagnes, cependant toutes tellement favorisées d'une façon générale au point de vue des conditions physiques comme au point de vue de l'ambiance morale.

L'établissement des compensations analytiques a été basé sur le grand triangle fondamental Goléon-Taillefer-Pelvoux, avec les valeurs que j'ai publiées dans le Tome Premier de la *Description géométrique des Alpes françaises*. Une centaine de stations fondamentales dont une cinquantaine à une altitude supérieure à 3000^{m} ont été ensuite calculées et ont, à leur tour, servi à fixer toutes les autres stations et, avec celles-ci, tous les points intersectés du Tome X. Egalement quelques visées liées au Thabor, point de départ avec le Goléon, de toutes mes triangulations, sont venues appuyer la détermination de quelques-unes de ces positions originelles.

Comme pour les volumes précédents, je n'ai pas attendu la fin de sa mise au point pour communiquer aux administrations ou aux particuliers qui les sollicitaient, les résultats dont beaucoup m'étaient demandés d'urgence. C'est au Service géographique de l'Armée que ces résultats ont été surtout adressés depuis un quart de siècle.

En effet, dès le 15 février 1907, l'envoi était fait au colonel Romieux, chef des Levés de précision du Service géographique de l'Armée des coordonnées de sept de mes stations primaires des deux campagnes 1905 et 1906 et le 12 avril 1907 de 21 positions trigonométriques de points situés au nord du Col du Galibier ainsi que l'altitude du Grand Pic de la Meije que je venais de déterminer.

En 1923, le général Tricaud de la Goutte, commandant l'artillerie du 14e Corps d'armée à Grenoble, recevait sur sa demande 94 de mes positions géographiques encore inédites, dont un nombre important intéressait le Massif du Pelvoux et des Écrins.

Tandis que du 23 mai au 13 juin 1924, le lieutenant Buchet, sur la

demande du même général, s'installait chez moi pour prendre plusieurs centaines de mes positions planimétriques et altimétriques, inédites également, afin de compléter sa documentation déjà commencée par ma précédente livraison, relative à la frontière entre le Col de la Seigne et le Col de Larche, le commandant Gendre, chef du service des Levés de précision du Service géographique de l'Armée dans la région Pelvoux-Écrins-Cerces, venait du 23 mai au 17 juin de la même année, de la part du colonel Bellot, directeur du Service et du colonel Lamotte, chef de la Section de Géodésie dudit Service, examiner mes tours d'horizon photographiques, dont je lui faisais tirer 47 épreuves, en même temps qu'il copiait les valeurs de mes points géodésiques situés sur le territoire des levés qu'il allait diriger cette année.

L'année suivante, le 4 mai 1925, le commandant Gendre revenait prendre, dans mon cabinet, les éléments qu'il jugeait utiles pour étayer la campagne topographique du Service géographique dans le Massif de l'Oisans. Il y passait plusieurs heures, soit seul, soit accompagné du capitaine Recordon, en chacune des journées des 5, 6, 8, 11, 13, 15 et 18 mai.

Les 27, 28 et 29 mars 1928, les capitaines Barrère, Recordon et Desévaux venaient, matin et soir, copier dans mes répertoires, les coordonnées nécessaires à leur campagne suivante, en particulier tout le détail des résultats planimétriques et altimétriques du Massif des Écrins.

Cette documentation était complétée les 3 et 4 mai 1928 par les soins des mêmes officiers que j'autorisai, sur leur demande, à en fournir la copie à M. Arthaud qui préparait à Grenoble une nouvelle édition de la carte Duhamel au 100000ᵉ du Massif du Pelvoux.

Au cours des matinées et des après-midi du 23 au 31 mai 1933, le colonel de Fontanges, devenu chef des Levés de précision, m'envoyait un de ses officiers à l'effet de recopier dans mon bureau environ 1400 de mes positions géographiques des Massifs du Pelvoux et des Écrins et les altitudes correspondantes dont un grand nombre, d'ailleurs, en avait été déjà communiqué au Service géographique.

Enfin, les 15 et 16 février 1934, matin et soir, le lieutenant Lejeune de la Section de Topographie du Service géographique, accompagné de son adjoint, venait prendre copie de l'ensemble des points avec leurs coordonnées non encore éditées parmi ceux composant le présent Tome Dixième.

Tandis que le Service géographique de l'Armée a ainsi tiré vraisembla-

blement le parti le plus grand de cette documentation inédite, les administrations publiques et, en particulier, celle des Forêts et des publications alpines et touristiques ont également vu leurs demandes toujours accueillies dans toute la mesure de la mise au point de mes résultats.

D'autre part, je crois devoir justifier la facture matérielle de ce volume dont le poids dépasse ce qu'il est d'usage d'imposer aux efforts des deux bras du lecteur.

Ce n'est pas, en effet, sans y avoir largement réfléchi que je me suis décidé à réunir comme pour les tomes précédents sous une même couverture le texte et les 51 panoramas correspondants. Je n'ai jamais, en effet, pensé que ces publications devraient avoir la mobilité et la souplesse de guides ou de mementos qu'on emporte au cours de pérégrinations techniques ou pittoresques.

D'un autre côté, la fréquentation des anciens livres, en particulier de la centaine d'incunables que j'ai réunis dans mes collections, m'a démontré que je devais abandonner tout scrupule d'éviter à ceux qui étudieront mes résultats, une peine matérielle dans la longueur et dans la continuité de l'effort que je provoquerai chez eux.

Serions-nous inférieurs à nos ancêtres sous le rapport de la force physique nécessaire pour transporter d'une armoire à la table de travail des poids sortant de l'usuelle discrétion des ouvrages que nous manipulons en général? Et ne pourrions-nous plus accepter de lever des volumes notablement plus légers que, par exemple, le premier des six tomes des *Specula* de Vincent de Beauvais dont mon exemplaire, édité chez Mentelin à Strasbourg en 1476, pèse 20^{kg} et que le *Gratianus*, édité chez Pierre Schœffer à Mayence en 1472 dont mon exemplaire atteint encore 14^{kg}.

D'ailleurs, dans le sévère réquisitoire qu'il prononce contre les développements trop diffus de certaines œuvres, Juvénal, terrible satirique, ne fait-il pas cependant exception pour les travaux historiques, et par suite géographiques, qui se réclament de la même discipline.

Namque oblita modi millesima pagina surgit.
Omnibus et crescit multa damnosa papyro.
Sic ingens rerum numerus jubet atque operum lex [1].

---

[1] JUVÉNAL, *Satire VII*.

M. **W. Vernadsky**, membre de l'Académie des Sciences de Leningrad, par l'organe de M. **L. Cayeux**, fait hommage à l'Académie d'une étude des *Problèmes de la Radiogéologie*. Entre autres sujets de grand intérêt, l'auteur traite de l'étalon de temps terrestre, de la genèse radioactive de la chaleur interne du globe, de la détermination de l'âge des roches sédimentaires, des gisements pétrolifères comme champ de phénomènes radiochimiques, etc.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Fallou. *Les réseaux de transmission d'énergie.* (Présenté par M. P. Janet.)

GÉOMÉTRIE ET ANALYSE. — *Sur les champs continus de demi-cônes convexes et leurs intégrales.* Note [1] de M. **André Marchaud**.

1. Soit un espace euclidien à trois dimensions, rapporté à trois axes rectangulaires $Oxyz$. A chaque point m de $R=[O\leq x\leq 1]$ attachons un demi-cône convexe $C(m)$ de sommet m, remplissant les conditions suivantes :

1° Toute demi-droite de $C(m)$ fait avec Ox un angle au plus égal à un angle fixe moindre que $\pi:2$;

2° $C(m)$ varie continument avec m [2].

---

[1] Séance du 5 novembre 1934.

[2] Cette expression prend un sens précis grâce à la notion d'*écart* (entfernung) (on pourra consulter à ce sujet et aussi sur les limites métriques, les seules que nous considérerons ici, les *Mengenlehre* de M. Hausdorff]. Soient Γ et Γ' deux demi-cônes convexes, Γ_0 et Γ'_0 ceux, de même sommet O, qui s'en déduisent par translations. L'*écart* de Γ et Γ' est par définition celui de Γ_0 et Γ'_0 *considérés comme ensembles de l'* « *espace métrique* » *des demi-droites d'origine* O. Le champ $[C(m)]$ est *continu* en m_0 si l'écart de $C(m_0)$ et $C(m)$ tend vers zéro avec $m_0 m$. De même on dira qu'un champ $[C'(m)]$ *converge uniformément* vers $[C(m)]$, si l'écart de $C(m)$ et de $C'(m)$ tend uniformément vers zéro.

On définit ainsi dans R un *champ* de demi-cônes convexes borné en direction par rapport à Ox et *continu :* le champ $[C(m)]$. Une *intégrale* de ce champ, issue de a, est un arc simple $\widehat{ab}$ dont toutes les semi-tangentes *à droite* et *à gauche* en chaque point $\overline{m}$ sont respectivement dans $C(\overline{m})$ et son opposé par le sommet $-C(\overline{m})$, [ou, si l'on veut, dont les contingents postérieur et antérieur sont dans $C(\overline{m})$ et $-C(\overline{m})$]. Dans le cas particulier où $C(m)$ se réduit partout à *une* demi-droite, les intégrales du champ sont celles d'un système d'équations différentielles

$$dy : dx = f(x, y, z), \qquad dz : dx = g(x, y, z),$$

où les fonctions $f(x, y, z)$ et $g(x, y, z)$ sont bornées et continues dans R.

Le champ $[-C(m)]$ satisfait aux mêmes conditions que $[C(m)]$, à condition de changer le sens sur Ox. Une intégrale $\widehat{ab}$ de $[C(m)]$, parcourue de b vers a, est une intégrale de $[-C(m)]$ issue de b.

La présente Note a pour objet les propriétés des intégrales des champs tels que $[C(m)]$. Celles-ci feront intervenir les notions d'*émission* et d'*intégrale-frontière*. L'*émission* d'un ensemble A, de R, dans le champ $[C(m)]$, est l'ensemble $E[C(m), A]$ des points de R par chacun desquels passe une intégrale issue d'un point de A. On désignera de même par $E[-C(m), A]$ l'émission de A dans le champ $[-C(m)]$. Une *intégrale-frontière* est une intégrale dont les semi-tangentes en chaque point $\overline{m}$ *sont toutes sur les frontières* de $C(\overline{m})$ et $-C(\overline{m})$.

2. Voici maintenant les propriétés annoncées :

1° *De tout point de* R *part une intégrale de* $[C(m)]$ *et une intégrale de* $[-C(m)]$, *(au moins), lesquelles peuvent être prolongées respectivement jusque dans les plans* $x = 1$ *et* $x = 0$.

2° *L'émission* $E[C(m), A]$ *d'un ensemble borné et fermé* A *est un ensemble borné et fermé dont tout point frontière, limite de points frontières d'abscisses inférieures à un* (¹), *peut être joint à un point de* A *par une intégrale-frontière située sur la frontière de* $E[C(m), A]$.

Cette proposition généralise un théorème de M. Fukuhara (²). Mais elle est surtout intéressante comme introduction à l'étude géométrique de l'équation aux dérivées partielles du premier ordre dont le cône élémentaire est

(¹) Cette restriction a pour but d'écarter les points de $x = 1$ qui ne seraient pas sur la frontière de l'émission si le champ était prolongé à droite de $x = 1$.

(²) M. Fukuhara, *Japan, Journ. of Math.*, 6, III, 1930, p. 269.

$C(m)$. En effet, dans l'hypothèse où ce dernier possède partout un plan tangent, on démontre aisément que *si un morceau de la frontière d'une émission est une surface pourvue d'un plan tangent, c'est une surfaee intégrale.*

3° *Soient* $[C_\lambda(m)]$ *un champ convergeant uniformément vers le champ* $[C(m)]$, A_λ *un ensemble borné et fermé ayant pour limite* A *quand* $\lambda \to \lambda_0$. *Si* A_λ *et* $C_\lambda(m)$ *contiennent respectivement* A *et* C (m) *quels que soient* λ *et* m, *l'émission* $E[C_\lambda(m), A_\lambda]$ *et sa frontière tendent respectivement vers* $E[C(m), A]$ *et sa frontière, quand* $\lambda \to \lambda_0$.

Ce résultat généralise celui, bien connu, dû à M. Paul Montel, relatif à la semi-continuité des intégrales supérieure et inférieure de l'équation $dy : dx = f(x, y)$.

4° *Si un ensemble borné et fermé vers la droite* ([1]) *possède partout, sauf peut-être aux points d'un ensemble* B, *une semi-tangente dans le demi-cône du champ* $[C(m)]$, *il est contenu dans l'émission* $E[-C(m), \overline{B}]$, *où* $\overline{B}$ *désigne la fermeture de* B.

Lorsque $C(m)$ se réduit partout à une demi-droite unique ce dernier théorème montre en particulier que *tout continu admettant partout, sauf en* b, *la demi-droite du champ pour une de ses semi-tangentes est un arc de l'intégrale à gauche issue de* b, *pourvu que celle-ci soit unique.*

Ajoutons pour terminer que les résultats précédents s'étendent d'eux-mêmes au cas d'un espace euclidien quelconque; mais qu'ils ne subsistent pas pour des champs de demi-cônes non convexes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Rayons de courbure d'ordre supérieur des courbes attachées à une fonction analytique.* Note de M. E.-G. Barrillon, présentée par M. Henri Villat.

La recherche d'une interprétation géométrique des coefficients figurant dans la série de Maclaurin représentant une fonction analytique $F = \varphi + i\psi$ au voisinage d'un point ordinaire, conduit aux résultats suivants :

a. Par un changement d'axes et une homothétie on peut ramener la fonc-

---

([1]) Pour la définition des ensembles fermés d'un côté, voir par exemple ma Note des *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 948. Un ensemble fermé (au sens ordinaire) est fermé vers la droite; mais la réciproque n'est pas vraie.

tion à la forme :

$$f = z + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\rho_\varphi} - \frac{i}{\rho_\psi}\right)z^2 + \left[\frac{1}{6}\frac{P'}{P^3} - \frac{1}{2PP_+} + i\left(\frac{1}{6}\frac{\rho'_\psi}{\rho^3_\psi} - \frac{1}{2\rho_\Psi\rho_\varphi}\right)\right]z^3 + \ldots,$$

ρ_φ et ρ_ψ étant les premiers rayons de courbure des courbes $\varphi = \text{const.}$ et $\psi = \text{const.}$; ρ'_φ et ρ'_ψ les seconds rayons de courbure des mêmes courbes; P et P_+ les premiers rayons de courbure des courbes isoclines à 45° et 135°; P′ le second rayon de courbure de l'isocline à 45°.

b. Entre les rayons de courbure on a la relation

$$\frac{\rho'_\varphi}{\rho^3_\varphi} + \frac{o'_\psi}{\rho^3_\psi} = 0,$$

c'est-à-dire que l'on ne peut se donner arbitrairement les rayons de courbure premier et second en un point, à la fois pour la ligne $\psi = \text{const.}$ et pour la ligne $\varphi = \text{const.}$

c. Il existe de même une relation entre les rayons de courbure des ordres 1, 2, 3, 4, une relation entre les rayons de courbure des ordres 1, 2, 3, 4, 5, 6, et ainsi de suite de deux en deux.

d. Pour une fonction quelconque (non ramenée à la forme simplifiée ci-dessus) et en un point quelconque on a

$$\frac{1}{\rho_\varphi} - \frac{i}{\rho_\psi} = |F'|\frac{F''}{F'^2},$$

$$\frac{1}{6}\frac{P'}{P^3} - \frac{1}{2PP_+} + i\left(\frac{1}{6}\frac{\rho'_\psi}{\rho^3_\psi} - \frac{1}{2\rho_\varphi\rho_\psi}\right) = \frac{1}{6}|F'|^2\frac{F'''}{F'^3}.$$

les dérivées étant celles de F par rapport à z et $|F'|$ représentant le module de la dérivée première.

e. Entre les rayons de courbure premiers des isoclines d'angle α on a la relation

$$\frac{1}{\rho_\alpha} = \frac{\cos\alpha}{\rho_\psi} - \frac{\sin\alpha}{\rho_\varphi}$$

prouvant que les centres de courbure des isoclines sont sur une droite, relation déjà connue de Transon.

Pour les rayons de courbure seconds, on a la relation

$$\frac{\rho'_\alpha}{\rho^3_\alpha} = \frac{\rho'_\psi}{\rho^3_\varphi}\cos 2\alpha + \frac{P'}{P^3}\sin\alpha 2.$$

f. Le développement donné dans le paragraphe *a* permet d'établir

immédiatement les propriétés connues sur la correspondance des rayons de courbure premiers dans les transformations conformes (Transon ([1]), Laisant ([2]), Masotti ([3]), Tzitzéica ([4])], et de les étendre aux correspondances de rayons de courbure seconds.

g. Si deux fonctions analytiques ont en un point mêmes rayons ρ_ψ et ρ_φ, elles ont mêmes rayons ρ_α pour toutes les isoclines et l'on peut dire que les fonctions sont osculatrices. Elles ont alors mêmes termes en z et z^2 dans f.

Deux fonctions ayant mêmes rayons ρ_φ, ρ'_φ, ρ_ψ, ρ'_ψ ont mêmes termes en z et z^2 et même partie imaginaire du coefficient de z^3. Les isoclines ne sont alors pas forcément surosculatrices et la condition imposée laisse la partie réelle du coefficient de z^3 arbitraire. On peut appeler surosculatrices en un point les fonctions ayant en ce point, non seulement l'équipotentielle et la ligne de courant, mais toutes les isoclines surosculatrices. Alors les termes en z, z^2, z^3 sont les mêmes. Ces propriétés s'étendent de deux en deux degrés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les problèmes de représentation conforme de Helmholtz; théorie des sillages et des proues* ([5]). Note de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude d'un courant qui heurte un obstacle tranchant pose le problème suivant :

Problème du sillage. — *On demande de transformer conformément un plan entaillé le long d'une demi-droite (le plan du potentiel complexe f qu'entaille le demi-axe réel positif) en un domaine (d) d'un plan $z = x + iy$*

([1]) *Nouvelles Annales*, 2e série, 8, 1869, p. 114.

([2]) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 15, 1887, p. 39.

([3]) *Rendiconti Acc. Lincei*, 6e série, 15, 1932, p. 519.

([4]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 476.

([5]) M. Villat a fourni le moyen de construire simplement des solutions approchées de ces problèmes (voir ses *Leçons sur l'Hydrodynamique*, Paris, 1929).

M. Quarleri et M. Schmieden ont tenté, sans y réussir, de construire des solutions exactes du problème du sillage.

Le problème voisin du jet symétrique (c'est-à-dire du sillage symétrique dans un canal) a été résolu rigoureusement en 1926 par M. Weinstein, sous des hypothèses assez restrictives; depuis sa méthode a eu son champ d'application étendu par MM. Hamel, H. Weyl, Friedrichs (cf. Leray-Weinstein, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 430); toutefois cette méthode de M. Weinstein ne serait pas susceptible de fournir la totalité des résultats que nous allons énoncer.

dont la frontière se compose d'un arc de courbe donné (l'obstacle) et de deux lignes libres inconnues; celles-ci joignent le point à l'infini aux extrémités de l'obstacle; en chacun de leurs points la transformation cherchée doit conserver les longueurs; elle doit en outre associer les points à l'infini des plans z et f en y conservant les directions (la direction de l'axe des x est celle du courant) :

Par hypothèse la courbe-obstacle sera de la classe B_h $(1/2 < h \leqq 1)$ et deux de ses points devront toujours avoir des ordonnées différentes, sauf si le segment qui les joint se trouve appartenir à cette courbe.

En poursuivant les recherches de M. Levi-Civitá [1], M. Brillouin [2] et M. Villat [3] ont constaté qu'un sillage ne peut représenter une réalité physique que si les lignes libres quittent l'obstacle de l'une des deux façons que voici :

Détachement vers l'aval. — La ligne libre se dirige du côté aval de l'obstacle; elle présente en son extrémité une courbure infinie ou ne se raccorde pas à l'obstacle [4].

Détachement en proue. — La ligne libre se raccorde en son extrémité à l'obstacle et y présente une courbure finie.

Ainsi s'est posé un second problème :

Problème de la proue. — *Étant donné un obstacle $\widehat{B_0C_0}$, trouver un sillage correspondant à un obstacle $\widehat{BC}$, dont les propriétés soient les suivantes : $\widehat{BC}$ fait partie de $\widehat{B_0C_0}$; le détachement au point* B (*ou* C) *est en proue, ou bien ce point est en* B_0 (*ou* C_0) *et ce détachement est vers l'aval* [5].

La théorie des équations fonctionnelles que j'ai faite en collaboration avec M. Schauder [6] permet de discuter ces deux problèmes :

---

(1) *Rendiconti del Circolo mathematico di Palermo*, 23, 1907, p. 1.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 23, 1911, p. 145.

(3) *Thèse, Annales de l'École Normale supérieure*, 28, 1911, p. 203; *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 10, 1914, p. 231.

(4) Ce second terme de l'alternative se présente quand l'obstacle est un segment parallèle au courant; ce cas exceptionnel intervient nécessairement dans nos considérations, étant forme limite des obstacles envisagés.

(5) Nous imposons en outre la restriction suivante : Le point de détachement inférieur B (supérieur C) sera choisi entre l'extrémité inférieure B_0 (supérieure C_0) de l'obstacle et le point B_1 (C_1) où la courbe-obstacle fait avec Ox l'angle de plus petite (plus grande) valeur algébrique.

(6) Leray-Schauder, *Annales de l'École Normale supérieure*, 51, 1934, p. 45 (cf. théorème fondamental et théorème I, p. 63 et 64).

1° Les équations intégro-différentielles auxquelles M. Villat ([1]) les a ramenés sont du type $x = \mathcal{F}(x)$.

2° La discussion de ces équations est immédiate quand l'obstacle est un segment rectiligne.

3° Envisageons (en supposant qu'il en existe) les sillages correspondant à une famille continue d'obstacles. Quelques majorations faciles permettent de limiter les longueurs de leurs images dans le plan f. On en déduit que leurs lignes libres constituent un ensemble de courbes compact en soi. D'après les formules de M. Villat y est une fonction monotone le long de chacune d'elles; l'obstacle et ses deux lignes libres constituent donc une courbe sans point double (le cas où l'obstacle est parallèle au courant faisant toutefois exception). Or M. Courant ([2]) a prouvé la convergence uniforme de la représentation conforme normalisée d'un cercle sur l'intérieur d'une courbe de Jordan qui tend uniformément vers une courbe de Jordan limite. Par suite les correspondances $z(f)$ possèdent une égale continuité. On en conclut la possibilité de limiter *a priori* toutes les inconnues.

De ces trois points résulte que *chacun des problèmes énoncés possède toujours une solution au moins.* Ceci reste vrai quand on envisage les problèmes symétriques : l'obstacle et le sillage doivent être symétriques par rapport à une parallèle au courant. Une Note ultérieure précisera le nombre de solutions qu'ont ces problèmes pour diverses catégories importantes d'obstacles.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les problèmes de Poincaré et de Cousin pour les fonctions de plusieurs variables complexes.* Note ([3]) de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La question reste toujours posée de savoir quand une fonction de n variables complexes, méromorphe dans un domaine D, peut se mettre sous la forme du quotient de deux fonctions holomorphes dans D. Poincaré a le

---

([1]) L'équation intégro-différentielle du problème du sillage est l'équation (113) de sa Thèse [c'est-à-dire le système (91), (97)]. L'ensemble des relations qui traduisent le problème de la proue se ramène par un artifice aisé à une seule équation fonctionnelle.

([2]) Courant, *Göttinger Nachrichten,* 1914, p. 101; 1922, p. 69; Radó, *Acta Litt. Ac. Sc.*, Szeged, 1, 1923, p. 180.

([3]) Séance du 26 novembre 1934.

premier montré, dans le cas $n = 2$, qu'une fonction méromorphe partout à distance finie est toujours le quotient de deux fonctions entières. Étant donné un domaine quelconque D dans l'espace de n variables complexes, nous conviendrons de dire que *le théorème de Poincaré est vrai pour* D si toute fonction méromorphe dans D est le quotient de deux fonctions holomorphes dans D.

Dans le but de résoudre le problème de Poincaré, Cousin (1) a formulé deux problèmes plus généraux que voici :

Premier problème de Cousin. — On suppose que le domaine considéré D est recouvert à l'aide d'une infinité dénombrable de domaines partiels D_i intérieurs à D, et que, dans chaque D_i, on a défini une fonction *méromorphe* f_i; on suppose en outre que, chaque fois que deux domaines D_i et D_j ont une partie commune D_{ij}, la différence $f_i - f_j$ est *holomorphe* dans D_{ij}. *On se propose de trouver une fonction* F, *méromorphe dans* D, *et telle que, dans chaque* D_i, *la différence* $F - f_i$ *soit holomorphe.*

Deuxième problème de Cousin. — Mêmes hypothèses que pour le premier, sauf que les f_i sont remplacées par des φ_i *holomorphes* (dans D_i), et que, dans chaque D_{ij}, le quotient $\varphi_i : \varphi_j$ est supposé *holomorphe et jamais nul.* On se propose de *trouver une fonction* Φ, *holomorphe dans* D, *et telle que, dans chaque* D_i, *le quotient* $\Phi : \varphi_i$ *soit holomorphe et non nul.*

Si un domaine D est tel que le premier (ou le deuxième) problème de Cousin a une solution quelles que soient les données, nous dirons que « *le premier théorème de Cousin* (ou le deuxième) *est vrai pour le domaine* D ».

Il est évident que si le *deuxième* théorème de Cousin est vrai pour un domaine, le théorème de Poincaré est vrai pour ce domaine. *Mais la proposition réciproque n'est pas exacte.*

Grâce à la terminologie précédente, nous pouvons résumer comme suit les résultats de Cousin :

Si D est le produit topologique de n domaines univalents, situés respectivement dans les plans des n variables complexes, le premier théorème de Cousin est vrai pour D. Si en outre tous les domaines composants sont simplement connexes (2) (sauf peut-être l'un d'entre eux), le deuxième théorème de Cousin est vrai, et, *a fortiori*, le théorème de Poincaré.

---

(1) *Acta mathematica*, 19, 1895, p. 1-62.

(2) C'est M. Gronwall qui a montré que cette restriction est nécessaire, fait qui semblait avoir échappé à l'attention de Cousin (*Amer. Math. Soc. Trans.*, 18, 1917, p. 50-64).

2. Bornons-nous désormais aux *domaines univalents à deux variables complexes x et y.*

Lorsqu'on cherche à résoudre les problèmes de Cousin pour des domaines plus généraux que ceux considérés par Cousin, on s'aperçoit que les théorèmes de Cousin ne sont pas vrais pour tous les domaines, même simplement connexes. Il est alors naturel de chercher des conditions nécessaires et suffisantes pour que les théorèmes de Cousin soient vrais. Commençons par le premier.

THÉORÈME 1. — *Si le premier théorème de Cousin est vrai pour* D, D *est un domaine d'holomorphie* (c'est-à-dire le domaine total d'existence d'une certaine fonction holomorphe).

On a ainsi une condition nécessaire. Voici une condition suffisante :

THÉORÈME 2. — *Si un domaine* D *est convexe* [1] *par rapport aux polynomes ou aux fonctions rationnelles en x, y, le premier théorème de Cousin est vrai pour* D.

Ce résultat, qui dépasse de beaucoup celui de Cousin, s'obtient par une méthode analogue à la sienne; mais il faut se servir de *l'intégrale d'André Weil* [2] (pour les fonctions de plusieurs variables) tandis que Cousin utilisait seulement l'intégrale classique de Cauchy (pour les fonctions d'une variable).

Pour certains types de domaines [domaines cerclés [3], domaines de Hartogs [4]], les conditions des théorèmes 1 et 2 sont équivalentes [1]. On a donc, pour ces domaines, *une condition nécessaire et suffisante pour que le premier théorème de Cousin soit vrai.*

3. Passons au deuxième théorème de Cousin. La question est moins avancée; citons simplement le résultat suivant :

THÉORÈME 3. — *Soit* D *un domaine pour lequel le premier théorème de Cousin est vrai* (voir théorème 2). *Si en outre* D *est étoilé, ou encore si* D *est un domaine de Hartogs, le deuxième théorème de Cousin est vrai pour* D.

---

(1) Voir H. CARTAN et P. THULLEN, *Math. Annalen*, **106**, 1932, p. 617-647.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1304.

(3) Un domaine est *cerclé* s'il contient $x = y = 0$ et admet les transformations

$$x' = xe^{i\theta}, \quad y' = ye^{i\theta} \quad (\theta \text{ réel}).$$

(4) Nous réservons le nom de *domaines de Hartogs* aux domaines de la forme : x intérieur à un domaine univalent δ, $|y| < R(x)$, $R(x)$ étant une fonction positive définie dans δ.

Le théorème 3, combiné avec certaines propriétés des domaines de méromorphie, conduit au résultat suivant :

THÉORÈME 4. — *Le théorème de Poincaré est vrai pour tous les domaines cerclés et tous les domaines de Hartogs*, même quand les théorèmes de Cousin ne sont pas vrais.

En particulier, le théorème de Poincaré est vrai pour l'*hypersphère*, ainsi d'ailleurs que les deux théorèmes de Cousin.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur une classe de mouvements naturels des fluides visqueux, caractérisée par un minimum de la puissance dissipée; cas du Soleil.* Note [1] de MM. **G. Dedebant**, **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé**, transmise par M. R. Bourgeois.

Nous avons été amenés à concevoir la moindre dissipation (exactement : moindre puissance dissipée) comme une propriété essentielle des fluides visqueux en régime permanent ou quasi permanent. Cette condition imposée aux milieux fluides naturels en mouvement stationnaire permet de déterminer leur champ de vitesses. Dans cette Note, nous trouverons ainsi la loi théorique de rotation du Soleil, et nous constaterons qu'elle représente les observations au 1/200e près, précision loin d'être atteinte par les lois empiriques proposées antérieurement.

Il existe d'autres exemples de mouvements de cette classe : régime de Poiseuille, couche turbulente de l'atmosphère; et la répartition verticale des températures dans l'atmosphère, obéit à une condition analogue de moindre dissipation thermique par conduction. Une équation de Boltzmann méconnue permet d'élever encore ce point de vue et d'établir que la moindre dissipation est une conséquence immédiate du fait que la configuration permanente est évidemment la plus probable. Enfin, on en déduit une théorie de la circulation générale de l'atmosphère (distribution des vitesses et des températures), qui donne lieu à des vérifications numériques précises.

Dans le cas général, il s'agit d'un minimum *lié*, la classe des états virtuels, appelés en comparaison pour la détermination du minimum, étant soumise à certaines restrictions correspondant aux actions étrangères au système : conditions aux limites, actions énergétiques extérieures, etc. Mais, dans la

---

(1) Séance du 9 juillet 1934.

rotation du Soleil, la condition de moindre dissipation se présente sous sa forme la plus simple de minimum *absolu*.

Nous supposerons que le Soleil est une masse fluide : 1° animée seulement d'un mouvement de *pure rotation* autour d'un axe de révolution Oz, de direction *absolument fixe*; 2° où la dissipation (turbulente) est minima par rapport à celles de tous les mouvements respectant la surface de l'astre.

Désignons par Ω la vitesse angulaire et par μ le coefficient de viscosité turbulente. La puissance dissipée dans tout l'astre est

$$W = 4\pi \int\int \mu x^3 \left[\left(\frac{\partial\Omega}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\Omega}{\partial z}\right)^2\right] dx\,dz.$$

Pour que W soit minimum, compte tenu de la condition $\delta\Omega = 0$ sur la surface limite, qui exprime son invariance, il faut que Ω vérifie l'équation indéfinie

$$\nabla\Omega + \frac{3}{x}\frac{\partial\Omega}{\partial x} = 0.$$

Cherchant, en raison des conditions de symétrie du problème, une solution de la forme $f(x)g(z)$, on trouve

$$\Omega = A\cos(\lambda\sin\varphi)\sum_0^\infty \frac{(\lambda\cos\varphi)^{2n}}{(n+1)2^{2n}[\Gamma(n+1)]^2},$$

φ étant la latitude, n un entier positif, Γ la fonction eulérienne de deuxième espèce, A et λ des constantes d'intégration. Cette loi de rotation avait déjà été obtenue par l'un d'entre nous, en collaboration avec M. Giao, mais par un raisonnement prêtant à critique et ultérieurement rectifié [1].

Même en identifiant les constantes à 0° et 40°, c'est-à-dire en n'utilisant que la première moitié de l'intervalle, la concordance des résultats calculés avec la moyenne des mesures spectroscopiques est saisissante :

Latitude........	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.	50°.	60°.	70°.	80°.	90°.
Loi de Faye....	25,1	25,3	25,7	26,6	27,5	28,8	30,0	31,1	31,7	32,4
Loi théorique...	25,20	25,41	26,02	27,00	28,20	29,74	31,23	32,52	33,47	33,72
Obs. spectrales..	25,2	25,4	26,0	26,9	28,2	29,7	31,3	32,7	33,7	–

Remarques. — 1. Dans le calcul de variation nous avons laissé μ constant; loin d'une paroi cette hypothèse peut se justifier *a priori;* en surface, si tant

(1) A. Giao et Ph. Wehrlé, *Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre (Bjerknes-Festschrift)*, **19**, 1932, p. 237-245; G. Dedebant et Ph. Wehrlé, *La Météorologie*, **85-86**, avril-mai 1932, p. 117-121.

est qu'il y ait une surface de discontinuité, la réussite de la loi trouvée justifie l'hypothèse *a posteriori*.

2. La condition de minimum de dissipation s'ajoutant aux trois équations du mouvement, pour déterminer Ω, P et ρ, paraît surabondante. En fait il n'y a pas incompatibilité car l'équation du minimum ne renferme pas de dérivées de Ω par rapport au temps.

3. L'équation du minimum de dissipation signifie aussi que l'expression (Navier-Stokes) de la force de frottement est nulle, c'est-à-dire que cette force est un infiniment petit du deuxième ordre, la vitesse de déformation étant prise comme infiniment petit principal. Compte tenu de ce fait dans l'équation du mouvement, on trouve que le ralentissement du Soleil, expérimentalement insensible, est du deuxième ordre. Il en résulte que les évaluations antérieures du ralentissement basées sur le terme de premier ordre de la force de frottement sont incorrectes et que l'ordre de grandeur obtenu, si minime soit-il, est encore trop élevé.

4. Certains théorèmes ont déjà été établis sur la moindre dissipation dans les *liquides* visqueux (Helmholtz, lord Rayleigh). Mais cette propriété ne s'y présente que comme un *équivalent mathématique de l'équation du mouvement*, sous certaines *hypothèses restrictives*. Notre point de vue est tout différent : nous considérons la moindre dissipation comme une propriété physique essentielle des régimes permanents ou quasi permanents et nous *démontrons* ces « hypothèses » restrictives à partir de la moindre dissipation, elle-même *démontrable* comme conséquence du maximum de probabilité de telles configurations.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la trompe à réaction.* Note (1) de M. J. **Chalom**, présentée par M. Henri Villat.

La trompe à réaction permet d'augmenter l'effort de réaction d'un jet propulseur. Elle peut être composée d'une ou plusieurs tuyères.

J'ai cherché à déterminer la meilleure forme à donner aux tuyères et d'établir dans ces conditions des lois permettant de définir les possibilités de l'appareil propulseur composé par l'ensemble jet et trompe.

Considérons un jet J et une tuyère T.

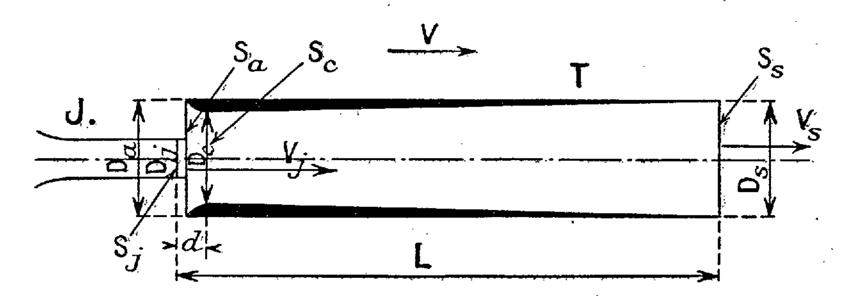
J'ai effectué un premier cycle d'expériences avec la condition $M_j = M_{jT}$

(1) Séance du 19 novembre 1934.

(débit du jet M égal débit du jet en présence de la trompe), condition réalisée en agissant sur la distance $S_r S_j = d$.

De plus les expériences ont été faites avec de l'air comprimé, le fluide secondaire étant l'air ambiant. Dans ce cas les densités ρ_j du fluide moteur et ρ_s du mélange sont sensiblement égales.

On a pris $M_j = M_{jT}$, $\rho_j = \rho_s$; α variable.



Dans ces conditions j'ai obtenu pour les dimensions relatives des tuyères les valeurs suivantes :

$$\frac{D_a}{D_s} = 1; \qquad \frac{D_s - D_j}{L} = \frac{1}{10}; \qquad \frac{D_s - D_c}{L} = \frac{3}{100};$$

$$\frac{S_c}{S_s} = \frac{D_c^2}{D_s^2} = \left[1 - \frac{3}{10}\left(1 - \sqrt{\frac{S_j}{S_s}}\right)\right]^2.$$

Avec les conditions et dimensions ainsi définies, l'expérience et le calcul montrent que :

A. *Au point fixe.* — 1° Les pertes K_1 d'énergie cinétique dans la tuyère T sont définies par

$$K_1 = \frac{M_j V_j^2 - M_s V_s^2}{M_j V_j^2} \qquad \text{et} \qquad M_s V_s = M_j V_j,$$

d'où

$$\boxed{K_1 = 1 - \sqrt{\frac{\rho_j S_j}{\rho_s S_s}}}.$$

2° L'effort de réaction F_0 subi par le tuyère T est donné par

$$F_0 = \frac{1}{2}\rho\frac{Q^2}{S_c} = \frac{1}{2}F_j\frac{S_s}{S_c}\left[1 - \sqrt{\frac{\rho_j S_j}{\rho_s S_s}}\right]^2 = \frac{1}{2}F_j\frac{S_s}{S_c}K_1^2,$$

Q débit volume d'air secondaire; F_j effort de réaction du jet nu.

L'effort de réaction maximum subi par la tuyère T a lieu pour $K = 1$, c'est-à-dire $M_s V_s^2 = 0$.

3° L'emploi des trompes à tuyères multiples permet d'augmenter S_s/S_c pour un même S_j/S_s. Le nombre n optimum des tuyères est fonction des S_j/S_s.

B. *En déplacement.* — 1° L'effort de réaction F subi par la tuyère T est donné par

$$F = F_0\left[1 - \sqrt{\frac{h}{(1+h)\varphi}}\right] \quad \text{avec} \quad h = \frac{V^2}{V_{s_0}^2} = \frac{V^2}{V_j^2} \times \frac{S_s}{S_j},$$

φ coefficient qui dépend de S_j/S_s de n et de α.

2° Le travail propulsif $\mathcal{C}_p$ de la trompe est donné par

$$\mathcal{C}_{p_T} = F \times V = kF_0\left[\sqrt{h} - \frac{h}{\sqrt{(1+h)\varphi}}\right].$$

Pour V/V_j donné, S_s/S_j optima est donné par $d\mathcal{C}/dh = 0$, ce qui revient à

$$(1-\varphi)h^3 + (4-3\varphi)h^2 + (4-3\varphi)h - \varphi = 0.$$

3° Le travail propulsif de l'ensemble jet et trompe est donné par

$$\mathcal{C}_{p_{J+T}} = (F + F_j)V = \mathcal{C}_J + \mathcal{C}_T.$$

Pour V/V_j donné, $\mathcal{C}_J$ est donné et le maximum de $\mathcal{C}_{J+T}$ correspond au maximum de $\mathcal{C}_T$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'isotropie de la pression dans les fluides soumis à des accélérations très élevées.* Note (¹) de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

I. Le problème envisagé consiste à déterminer, par exemple, dans quelles conditions expérimentales la pression peut perdre, en un point d'un écoulement gazeux permanent très rapide suivant des trajectoires incurvées, son caractère normal de grandeur isotrope, la densité restant cependant encore suffisante pour que subsiste la notion même de pression stable sur une petite surface correspondant à des mesures possibles (en principe).

Pour que cette circonstance se présente, il faut que le raisonnement classique du tétraèdre évanescent soit mis en défaut par ce fait que la force d'inertie de d'Alembert (force de volume) ne sera pas encore devenue négligeable vis-à-vis des forces de pression sur les faces du tétraèdre, au moment où celui-ci deviendra trop petit pour contenir encore le nombre très élevé de molécules qu'exige la notion même de pression.

Envisageons le cas de l'écoulement d'un gaz parfait produit par une

(¹) Séance du 19 novembre 1934.

détente adiabatique sans décoordination, donc isentropique, dans une canalisation convenablement étudiée à cet effet. Soit V la vitesse d'écoulement atteinte en un point où le rayon de courbure de la trajectoire est r. Si $\mathcal{V}^2$ est le carré moyen de la vitesse d'agitation thermique des molécules, la pression est $p = n\mu\mathcal{V}^2/3$, μ étant la masse d'une molécule et n le nombre des molécules présentes dans l'unité de volume.

Considérons un tétraèdre trirectangle à trois arêtes égales, dont le volume est $x^3/6$, et la face rectangle $x^2/2$.

II. Écrivons la condition pour que la force d'inertie soit encore non négligeable vis-à-vis de l'une des trois forces de pression égales. Nous aurons, θ étant une fraction non négligeable,

$$(1) \qquad n\frac{x^3}{6}\mu\frac{V^2}{r} \geqq \theta n \mu \frac{\mathcal{V}^2}{3}\frac{x^2}{2}, \qquad \text{ou} \qquad x \geqq \theta r \frac{\mathcal{V}^2}{V^2}.$$

Mais, en désignant par l'indice o l'état dans le réservoir d'amont, nous avons $V^2 = K\mathcal{V}_0^2$, le facteur K étant très voisin, pour les détentes très poussées, de sa valeur limite, égale approximativement à 7/3 pour les gaz diatomiques et 5/3 pour les gaz monoatomiques.

La loi de détente $pv^\gamma = \text{const.}$ (avec $\gamma = 1,4$ pour les gaz diatomiques et 1,666 pour les monoatomiques) entraîne corrélativement

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}, \qquad \text{donc} \qquad \frac{\mathcal{V}^2}{\mathcal{V}_0^2} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

La condition (1) devient alors, en posant $r\theta/K = \Theta$,

$$(2) \qquad x \geqq \Theta\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

III. Écrivons d'autre part que l'arête x devient trop petite pour que reste légitime la notion de pression dans le tétraèdre. Nous conviendrons arbitrairement que cela correspond au moment où il ne contient plus que 100 molécules.

Prenons 6.10^{23} comme valeur approximative du nombre de molécules dans une molécule-gramme. Soient $p_0 = k$ atmosphères et $T_0 = h \times 273$. Le volume moléculaire est alors, dans le réservoir $U_0 = 22320\, h/k$; et, au point considéré $U_0 p_0/p\, T/T_0 = U_0(p_0/p)^{1/\gamma}$. La condition envisagée s'écrira alors

$$(3) \qquad 6.10^{23}.\frac{\frac{x^3}{6}}{U_0\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{\gamma}}} \leqq 100, \quad \text{ou} \quad x^3 \leqq U_0.10^{-21}\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{\gamma}}, \quad \text{ou} \quad x \leqq U_0^{\frac{1}{3}}.10^{-7}\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{3\gamma}}.$$

IV. En combinant les conditions (2) et (3), il vient, comme condition pour que soit défaillante la notion d'isotropie de la pression, la relation

$$(4)\qquad \Theta\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \leqq U_0^{\frac{1}{3}}.10^{-7}\left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{3\gamma}}, \quad \text{ou} \quad \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{3\gamma-2}{3\gamma}} \geqq \frac{\Theta}{U_0^{\frac{1}{3}}}.10^7.$$

V. Par ailleurs, la notion de pression elle-même ne deviendrait à son tour défaillante que si l'arête x du tétraèdre qui contient 100 molécules devenait par exemple de l'ordre du millimètre. La relation (3) donnerait alors

$$(5)\qquad \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{3\gamma}} \geqq \frac{10^6}{U_0^{\frac{1}{3}}}.$$

Elle correspond à des détentes encore beaucoup plus poussées que celles qui satisfont à la relation (4).

VI. Considérons par exemple un gaz diatomique, initialement comprimé à la température ordinaire (h voisin de 1), sous une pression telle (k voisin de 23^{atm}) que le volume moléculaire U_0 soit égal à 10^3 (un litre), d'où $U_0^{1/3} = 10$. Envisageons le cas d'un rayon de courbure $r = 1^{\text{cm}}$. Prenons $\theta = 1/10$. Alors $\Theta = 1/10K = 3/70$. D'autre part $3\gamma = 4,2$ et $3\gamma/3\gamma - 2 = 1,91$.

On trouve alors, par la condition (4), que l'isotropie est en défaut pour

$$(6)\qquad \log\frac{p_0}{p} = 9 \text{ environ},$$

tandis que la notion même de pression ne serait mise en défaut par la condition (5) que pour

$$(7)\qquad \log\frac{p_0}{p} = 21.$$

Des détentes aussi poussées que celle définie par la relation (6) ne se rencontrent pas dans la pratique industrielle. En la supposant réalisée, la pression très basse qu'elle représente ($p = 23/10^9 = 2,3.10^{-8}$ atmosphère) ne pourrait d'ailleurs subsister que dans le filet le plus voisin du centre de courbure, car l'accélération centripète imposée aux filets exige un gradiant très rapide de la pression lorsque l'on s'éloigne du centre de courbure.

VII. Si l'on examine l'hypothèse d'un écoulement adiabatique de vapeur de mercure (monoatomique), depuis une chaudière à 500° C. jusqu'à un condenseur à 40° C. ($p_0/p = 10^6$), on trouve que, à la pression du condenseur, il faudrait un rayon de courbure de l'ordre du millimètre pour réaliser la condition d'anisotropie définie en IV.

PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE. — *Sur les applications de l'héliomètre à la photométrie astronomique.* Note de M. **Raymond Tremblot**, présentée par M. Ch. Fabry.

Une des opérations les plus fréquentes de la photométrie astronomique consiste à déterminer la différence de magnitude de deux étoiles voisines sur la sphère céleste. Nous nous sommes proposé la réalisation d'un instrument permettant d'effectuer directement cette comparaison avec la plus grande précision possible, en faisant appel aux méthodes de photométrie sans écran diffusant, déjà appliquées avec succès par MM. Couder et Dufay (¹) aux mesures stellaires.

L'emploi de l'héliomètre est particulièrement commode pour faire coïncider devant un œilleton les images de deux étoiles, provenant chacune d'une moitié de l'objectif; l'œil perçoit alors deux plages semi-circulaires, uniformément éclairées par les deux sources à comparer. Un dispositif de gradation, agissant sur le faisceau le plus intense, suffit à transformer l'instrument en photomètre. La méthode que nous avons adoptée consiste à séparer légèrement les images, et à affaiblir la plus brillante au moyen d'un petit coin absorbant mobile dans le plan focal. Le réglage, facilité par l'emploi d'un coin compensateur réalisant une densité optique uniforme sur une moitié de l'œilleton, s'effectue très aisément quand l'héliomètre est porté par une monture équatoriale stable et correctement entraînée.

En dehors de toute considération sur les courses d'erreur provenant des conditions atmosphériques, qu'un tel dispositif permet d'éviter presque complètement (²), l'héliomètre semble présenter quelques avantages sur les photomètres à plages utilisant une source artificielle de comparaison. Une mesure nécessite quatre fois moins de pointés pour atteindre une précision au moins égale sur la différence de magnitude à déterminer. Les deux plages ont exactement le même aspect et peuvent être comparées en lumière totale ou à travers un écran très peu sélectif. L'équation de position, que l'on ne saurait négliger tout à fait, peut être éliminée par une rotation de 180° du système objectif intervertissant les éclairements des

(¹) J. Dufay, Thèse, Paris, 1928, p. 22; *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 166; *Revue d'Optique*, 8, 1929, p. 321.

(²) De même que les photomètres décrits par M. A. Danjon, *Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, 2, 1928, p. 56.

deux plages. Le coin photométrique affaiblit une fraction égale des deux images du ciel projetées sur l'œilleton, même par clair de lune, la lumière parasite reçue par l'œil, provenant pour une part égale de chaque moitié de l'objectif, n'introduit aucune erreur dans la comparaison d'étoiles voisines.

Nous avons fait construire un petit modèle d'essai, muni d'un objectif de 75^{mm} de diamètre et de 450^{mm} seulement de distance focale, dont le dédoublement maximum correspond à un angle de $5°$. Le coin photométrique, en verre NG 3 de Schott, présente une neutralité presque parfaite. Les conditions d'emploi de cet instrument sont bien celles que laissent prévoir les résultats des expériences de M. Dufay et Mlle Schweigler (1), concernant la mesure au laboratoire des faibles brillances. L'écart moyen d'un pointé, sur un couple d'étoiles dont la plus faible est de magnitude 4,0 à 4,5, peut être évalué à 3 pour 100 dans les conditions atmosphériques les plus fréquentes; il n'atteint 5 pour 100 que par une très forte scintillation, dans des circonstances assez rares. On peut donc compter sur une précision de l'ordre du centième, en n'effectuant qu'une dizaine de pointés.

L'héliomètre répond de même à la plupart des exigences de la photométrie photographique différentielle. On amène alors les images stellaires en coïncidence devant un petit diaphragme, un système à court foyer, disposé immédiatement en arrière, projette sur la plaque une image très réduite de l'objectif, suivant la méthode proposée par M. Fabry; on impressionne donc simultanément les deux petites plages contiguës dont on devra comparer le noircissement, en évitant à la fois les effets des variations de transparence de l'atmosphère au cours de la pose, de la non-uniformité des propriétés de l'émulsion et des transformations de l'image latente avant le développement.

Un dispositif à double image, comme le biprisme de Pickering, suffit à transformer une lunette quelconque en photomètre sans écran diffusant, susceptible des mêmes applications, l'emploi de quatre prismes permettant même la réalisation d'un champ à contraste.

---

(1) J. Dufay et Mlle R. Schweigler, *Revue d'Optique*, 9, 1930, p. 263.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la détermination expérimentale des densités électroniques.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. P. Langevin.

La théorie des chocs est suffisamment confirmée par l'expérience pour qu'il soit possible maintenant de renverser le problème et de chercher à déduire des observations sur les chocs une détermination expérimentale de la structure électronique des éléments complexes.

Plaçons-nous dans le domaine de validité de la méthode de Born. Soient $2\pi|f(\sin\theta/2)|^2\sin\theta\, d\theta$ le nombre de particules diffusées dans l'angle $(\theta, d\theta)$, h la constante de Planck, e, m et v la charge, la masse et la vitesse de l'électron incident, λ la longueur d'onde correspondante, Z le numéro atomique de l'atome considéré; posons enfin $\sin\theta/2=\mu$, $4\pi r/\lambda=x$, r étant la distance du noyau au point où la densité électrique est $e\rho(r)$.

Dans ces conditions, la méthode de Born nous montre que $f(\mu)$ se met sous la forme

$$(1)\qquad f(\mu)=\frac{e^2}{2mv^2}\,\frac{Z-F(\mu)}{\mu^2},$$

où $F(\mu)$ est le facteur de forme de l'atome donné par

$$(2)\qquad F(\mu)=\frac{\lambda^3}{16\pi^2\mu}\int_0^\infty \rho\left(\frac{x\lambda}{4\pi}\right)x\sin\mu x\, dx.$$

L'inversion de cette intégrale de Fourier nous donne pour la densité cherchée

$$(3)\qquad \rho(r)=\frac{4\pi}{\lambda^2 r}\int_0^\infty \mu F(\mu)\sin 4\pi\mu\frac{r}{\lambda}\, d\mu,$$

formule qui nous permet de déduire très simplement la densité électronique de l'observation expérimentale du facteur de forme de l'atome.

On pourra remarquer que, dans (3), l'intégration s'étend de o à ∞ alors que $F(\mu)$ n'est défini que pour $|\mu|\leqq 1$. Par suite, l'expérience ne nous donnant $F(\mu)$ que dans le domaine $0\leqq\mu\leqq 1$, en dehors de cet intervalle on peut prendre pour $F(\mu)$ une fonction quelconque. On peut se rendre compte aisément des répercussions qu'a, sur la détermination de $\rho(r)$, cet arbi-

traire. On peut écrire, en effet,

$$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^3}\int_0^\infty z\,\mathrm{F}\left(\frac{\lambda z}{4\pi r}\right)\sin z\,dz$$

$$= \frac{1}{4\pi r^3}\left\{\int_0^{\frac{4\pi r}{\lambda}} z\,\mathrm{F}\left(\frac{\lambda z}{4\pi r}\right)\sin z\,dz + \int_{\frac{4\pi r}{\lambda}}^\infty z\,\mathrm{F}\left(\frac{\lambda z}{4\pi r}\right)\sin z\,dz\right\},$$

ce qui nous montre que cet arbitraire ne joue de rôle important pour la détermination de $\rho(r)$ que pour les valeurs de r inférieures à $\lambda/4\pi$ environ.

Nous arrivons donc au résultat suivant : la méthode des chocs permet bien de déterminer la densité électrique mais à une région près, d'extension $\lambda/4\pi$ environ, autour du noyau. C'est bien ce à quoi on devait s'attendre physiquement. On remarquera que d'après la théorie classique, pour un champ à peu près coulombien, nous pourrions explorer le champ jusqu'à une distance $2\mathrm{Z}e^2/mv^2$ environ; le rapport de cette distance à $\lambda/4\pi$ est mesuré par $8\pi\mathrm{Z}e^2/hv$. Comme la petitesse de cette grandeur est justement nécessaire pour que la méthode de Born ait un sens, nous voyons que la théorie des quanta, du fait que l'on y renonce à la notion de trajectoire, nous fait perdre de la précision sur la mesure de la charge.

La méthode précédente est encore applicable à la détermination de la loi de forces intervenant entre particule incidente et centre diffusant. Soit $\mathrm{V}(r)$ l'énergie potentielle en question; on obtient par la même méthode que précédemment la relation

$$(4)\qquad \mathrm{V}(r) = \frac{h^2}{128\pi^4 m\lambda^2}\,\frac{1}{r}\int_0^\infty \mu f(\mu)\sin 4\pi\mu\frac{r}{\lambda}\,d\mu,$$

sujette aux mêmes restrictions que la relation (3)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Principes de la nouvelle électrodynamique quantique.* Note de MM. **Max Born** et **Léopold Infeld**, présentée par M. P. Langevin.

A partir des nouvelles équations du champ ([1]), il est possible, en raisonnant de façon classique, de considérer l'électron comme une singu-

([1]) M. Born, *Nature*, **132**, 1933, p. 282 et 970; **133**, 1934, p. 63; *Proc. Roy. Soc.*, A, **143**, 1934, p. 410; M. Born et L. Infeld, *Nature*, **132**, 1933, p. 1004; *Proc. Roy. Soc.*, A, **144**, 1934, p. 425.

larité du champ et de calculer sa masse à partir de sa charge et des constantes absolues. Nous nous sommes maintenant attaqués au problème correspondant de la théorie quantique. Pour cela il fallait tout d'abord quantifier les nouvelles équations du champ. Dans ce but, il est nécessaire d'admettre les postulats suivants :

1. Les grandeurs de champ forment deux tenseurs antisymétriques, $\vec{B}$, $\vec{E}$ et $\vec{D}$, $\vec{H}$. Pour effectuer la quantification, il est commode de diviser ces tenseurs et de renoncer à l'évidence formelle de l'invariance relativiste ; on la démontre après coup. Prenons pour vecteurs fondamentaux $\vec{D}$, $\vec{B}$; si l'on différentie la densité d'énergie $U(\vec{D}, \vec{B})$ par rapport aux composantes de $\vec{D}$ et $\vec{B}$, on obtient $\vec{E}$ et $\vec{H}$. Les raisonnements classiques donnent pour U l'expression [1]

$$(1) \qquad 4\pi U = \sqrt{1 + \vec{B}^2 + \vec{D}^2 + (4\pi)^2 \vec{S}^2} - 1$$

en unités naturelles, $\vec{S} = 1/4\pi(\vec{D} \times \vec{B})$ étant le vecteur de Poynting.

2. Pour la quantification, on regarde $\vec{B}$, $\vec{D}$ comme des nombres-q (opérateurs) qui sont des fonctions des nombres-c x, y, z, t. On admettra que $\vec{D}$, $\vec{B}$, $\nabla\vec{D}$, $\nabla\vec{B}$ ($\nabla = \partial/\partial x$, $\partial/\partial y$, $\partial/\partial z$) sont permutables. Soient F et G des fonctions qui dépendent de $\vec{B}$ et $\vec{D}$ et également de x, y, z explicitement et qui sont développables en séries de puissances de $\vec{B}$ et $\vec{D}$. Alors les intégrales

$$\int F\left(x, y, z, \vec{B}, \vec{D}\right) dv, \quad \int G\left(x, y, z, \vec{B}, \vec{D}\right) dv,$$

étendues à tout l'espace, ne sont pas permutables. On doit avoir

$$(2) \qquad \left[\int F\,dv, \int G\,dv\right] = 4\pi \int \left\{ \frac{\partial F}{\partial \vec{B}} \left(\nabla \times \frac{\partial G}{\partial \vec{D}}\right) - \frac{\partial F}{\partial \vec{D}} \left(\nabla \times \frac{\partial G}{\partial \vec{B}}\right) \right\} dv.$$

Dans cette relation, $[a, b] = \hbar/i(ab - ba)$ et l'on doit prendre les deux intégrales au même temps t. F et G sont des fonctions quelconques de x, y, z, $\vec{B}$, $\vec{D}$ tendant suffisamment vite vers zéro à l'infini. Ce sont essentiel-

---

[1] Le choix de l'expression (1) est absolument essentiel pour tout ce qui suit, car c'est seulement dans ce cas que $\vec{E} \times \vec{H} = \vec{D} \times \vec{B}$.

lement les mêmes relations de permutation que dans l'électrodynamique quantique de Heisenberg et Pauli, mais écrites de manière à éviter l'emploi de la fonction δ de Dirac.

3. Des équations de Maxwell, il n'est nécessaire de postuler que

$$\operatorname{div}\vec{D} = 0, \qquad \operatorname{div}\vec{B} = 0. \tag{3}$$

Si l'on pose alors par définition

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial F(\vec{D}, \vec{B})}{\partial t} = [W, F], \\ &W = \int U\, dv = \text{énergie totale}, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

les relations de permutation nous fournissent les autres équations du champ. On a de plus

$$\nabla F = -\left[\vec{p}, F\left(\vec{D}, \vec{B}\right)\right] \tag{5}$$

si

$$\vec{p} = \int \vec{S}\, dv \tag{6}$$

est la quantité de mouvement totale.

CHALEUR. — *Détermination des pressions de vapeur des carbures d'hydrogène.* Note (¹) de M. **Schmitt**, présentée par M. G. Urbain.

Pour déterminer les pressions de vapeur, nous avons choisi la méthode statique, qui présente, sur la méthode dynamique plus souvent utilisée, l'avantage d'opérer sur de petites quantités de produits, et de donner des résultats plus précis, les conditions d'équilibre entre la phase liquide et la phase vapeur étant mieux réalisées.

Nous avons cherché à rendre cette méthode utilisable pour la détermination des pressions de vapeur de mélanges formés d'un nombre quelconque de carbures.

La principale difficulté expérimentale consiste à introduire dans l'appareil de mesure le liquide à étudier, parfaitement exempt de gaz dissous, sans apporter de modification à sa composition. Nous avons résolu ce pro-

(¹) Séance du 19 novembre 1934.

blème en faisant, dans l'appareil même, bouillir le mélange de carbures sous le vide, le solidifiant dans l'air liquide, faisant un vide parfait au-dessus du solide ainsi obtenu, et recommençant une dizaine de fois cette série d'opérations.

Pour contrôler ce mode de dégazéification, nous avons d'abord déterminé les pressions de vapeur d'un carbure déjà bien étudié à ce point de vue (benzène) et constaté le bon accord de nos nombres avec ceux des meilleurs auteurs.

Nous avons ensuite étudié le toluène, le *n*-hexane, le méthylcyclopentane [1], des mélanges binaires de carbures, puis des mélanges complexes qui constituent les essences.

Dans cette Note nous ne nous occuperons que des carbures purs.

Il convient pour obtenir des résultats d'une grande précision : d'opérer avec des produits très purs, d'éliminer les gaz adsorbés par le verre, de maintenir tout l'appareil à la température voulue, d'agiter le liquide en expérience.

L'appareil se compose essentiellement d'une chambre barométrique U, en communication d'une part avec un manomètre M et d'autre part avec un système d'introduction.

Un tube auxiliaire X, en relation avec le manomètre, permet d'élever ou d'abaisser le niveau du mercure dans les branches de ce dernier.

Le liquide dégazéifié est introduit dans la chambre U, par l'intermédiaire d'un tube capillaire *t*; le système d'introduction est ensuite séparé, en scellant sous le vide le tube *t*.

Les carbures d'hydrogène ayant un assez fort coefficient de dilatation, il faut, aux basses températures, laisser au-dessus du liquide un espace libre assez grand pour qu'aux températures élevées le liquide ne sorte pas du vase U. Un petit siphon, S, permet de faire passer du mercure de la branche du manomètre M dans le vase U, et ainsi de modifier à volonté le volume de l'espace libre au-dessus du liquide. En particulier, en soulevant le réservoir X, on peut réduire ce volume jusqu'à une valeur nulle. Si le liquide est parfaitement exempt de gaz dissous, la phase vapeur doit disparaître instantanément; si la dégazéification n'est pas parfaite, il reste une petite bulle gazeuse qui se rassemble à l'extrémité du tube *t*. Cette bulle disparaît au bout d'un temps plus ou moins long suivant son importance. On a ainsi un moyen simple de vérifier la valeur de la dégazéification. En outre nous avons constaté que, lorsque la dégazéification est bonne, on peut, la phase liquide existant seule, exercer sur le liquide une pression négative, c'est-à-dire *tirer* sur lui sans qu'apparaisse la phase vapeur. L'obtention de ce résultat est un excellent critère de la dégazéification.

Pour relier les pressions à la température, nous nous sommes servi de la

---

[1] Fournis par le Bureau international d'étalons physicochimiques.

relation d'Antoine (1)

$$\log p = A + \frac{B}{C+t},$$

A, B, C étant des constantes d'ajustement. On en tire dp/dt et, par la formule de Clapeyron, la chaleur de vaporisation moléculaire L :

$$\frac{dp}{dt} = \frac{(A - \log p)^2 p}{B \log e}, \qquad L = 4,57\,B \frac{T^2}{(C+t)^2}.$$

Dans le tableau suivant se trouvent les valeurs de A, B, C ainsi que celles de dp/dt, dt/dp et de l (chaleur de vaporisation-gramme) relatives à la pression de 760mm. Les chaleurs de vaporisation ainsi déterminées sont un peu plus élevées que les valeurs trouvées expérimentalement par divers auteurs.

	n-hexane.	Méthylcyclopentane.	Benzène.	Toluène.
A......	5,99203	5,88543	6,07886	6,06446
B......	1235,31	1205,88	1301,94	1416,26
C......	231,56	229,09	229,98	227,82
dp/dt...	2,39	2,33	2,37	2,16
dt/dp...	0,417	0,430	0,422	0,462
l.......	85,1	86,2	99,1	90,5

IONISATION DES GAZ. — *Sur la structure de la couche ionisée de l'atmosphère (ionosphère).* Note (2) de MM. **Théodore Ionescu** et **Constantin Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

En analysant d'une façon détaillée les résultats de nos expériences sur les gaz ionisés, nous sommes arrivés à la conclusion que les électrons libres présents dans notre tube sont animés d'une vitesse plus petite que celle donnée par le potentiel accélérateur. Sa valeur est fonction de la pression du gaz; elle indique qu'il n'y a pas d'équilibre thermique entre les électrons et les molécules et que la vitesse est la même pour tous les électrons; par conséquent, les vitesses ne sont pas distribuées suivant la loi de Maxwell.

Cette analyse nous a permis de vérifier d'une façon quantitative les for-

(1) *Comptes rendus*, **107**, 1888, p. 681. Voir également A. Schmidt, *J. Chim. Phys.*, **15**, 1917, p. 97.

(2) Séance du 26 novembre 1934.

mules donnant la constante diélectrique ε et la conductibilité σ :

$$(1)\qquad \varepsilon = 1 - \frac{Ne^2}{\pi mc^2\lambda^2}\left(1 - \frac{\sin 2\pi\frac{\tau}{T}}{2\pi\frac{\tau}{T}}\right), \qquad \sigma = \frac{Ne^2}{4\pi^2 mc^2\lambda^2}\left(1 - \cos 2\pi\frac{\tau}{T}\right),$$

où τ désigne ici le temps de séjour d'un électron dans le condensateur et T la période de l'onde.

En partant de ces résultats nous avons essayé de calculer la réflexion des ondes électromagnétiques dans les hautes couches de l'atmosphère en admettant : *a*, que l'intervalle de temps τ entre deux chocs d'un électron, en une région donnée de l'atmosphère, est le même pour tous les électrons; *b*, que les électrons sont animés d'une vitesse plus grande que n'exige l'équilibre thermique entre les électrons et les molécules du gaz; *c*, qu'il n'y a qu'une seule couche ionisée de l'atmosphère dont la densité électronique N varie avec l'altitude d'une façon continue sans présenter des minima et des maxima dans la région de l'atmosphère où l'on observe les réflexions des ondes.

Nous avons donc calculé ε et σ à l'aide des formules (1). Ces valeurs nous ont servi pour calculer l'indice de réfraction n, l'extinction k et la réflexion ΔR

$$(2)\qquad n = \sqrt{\frac{1}{2}\left(\sqrt{\varepsilon^2 + 4\sigma^2 T^2} + \varepsilon\right)}, \qquad k = \sqrt{\frac{1}{2}\left(\sqrt{\varepsilon^2 + 4\sigma^2 T^2} - \varepsilon\right)},$$

$$(3)\qquad \Delta R = \frac{(\Delta n)^2 + (\Delta k)^2}{n^2 + k^2}$$

(Δn et Δk sont les variations de n et k avec l'altitude). Les courbes ΔR tracées en fonction de τ présentent des maxima. C'est pour les valeurs correspondantes de τ qu'a lieu la réflexion. Nous avons calculé ainsi les courbes de réflexion pour des ondes incidentes de fréquences ν, en admettant diverses fonctions pour la variation de τ et de N avec l'altitude [1].

Sur la figure on a tracé les courbes représentant les variations en fonction de la fréquence, des altitudes des couches où se produisent les réflexions. Les courbes r, r' se rapportent aux hauteurs où se font réellement

---

[1] Nous avons complété ces calculs par les évaluations des retards subis par les signaux ayant les vitesses de groupe

$$v = \frac{c}{n + \omega\frac{dn}{d\omega}}.$$

les réflexions, les courbes a, a' aux hauteurs apparentes des réflexions, ce sont ces dernières que l'expérience doit donner. La figure a été tracée en admettant que N est proportionnel à τ et que les variations de τ et de N sont représentées en fonction de l'altitude par la courbe τ à gauche de la

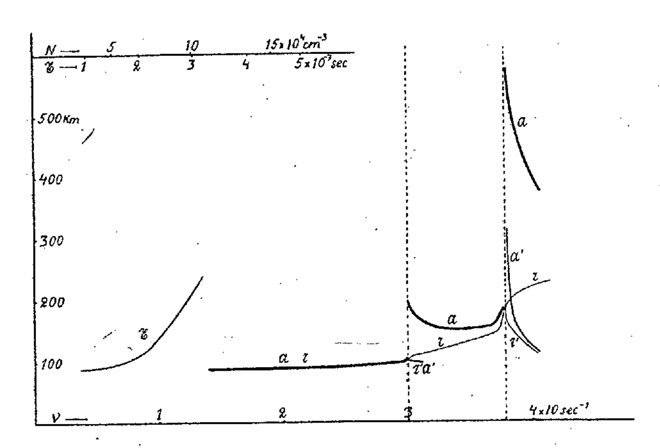


figure. Ces courbes reproduisent parfaitement l'allure des phénomènes observés.

La conclusion qui s'ensuit est que les discontinuités que l'on observe expérimentalement ne sont qu'apparentes et que les niveaux de réflexion réels varient d'une façon continue.

De même les réflexions ne sont pas totales mais partielles, et cela explique pourquoi d'une façon générale l'énergie réfléchie est plus petite que celle qu'on s'attendrait à trouver s'il y avait toujours des réflexions totales.

Le calcul indique que la réflexion totale n'est qu'un cas particulier réalisé au moment où l'on passe d'un niveau à un autre, ce qui est en accord avec les observations.

Les domaines des fréquences réfléchies par une couche donnée sont fonctions de la densité et de sa variation avec la hauteur. Pour N croissant d'une façon peu rapide avec la hauteur, on peut observer des réflexions multiples pour une certaine longueur d'onde.

Sur la figure on observe que pour des fréquences supérieures aux fréquences des discontinuités il y a deux niveaux accusés de réflexion (branches a' et r' de nos courbes).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les applications d'une méthode d'analyse capillaire.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'avais signalé (¹) que l'emploi en solution benzénique d'une base appelée sapamine et utilisée comme produit mouillant (²) permettait d'étendre aux milieux acides le procédé d'analyse capillaire que j'avais proposé autrefois pour les liqueurs alcalines (³). En effet, les sels de sapamine, solubles dans l'eau, abaissent dans des proportions énormes la tension superficielle de ce liquide. Si donc on dissout la sapamine dans la benzine, et qu'on mesure par la méthode des gouttes la tension interfaciale de ce liquide vis-à-vis d'une solution aqueuse, on constate une chute de tension marquée dès que le milieu aqueux supposé préalablement neutre devient acide.

J'avais indiqué déjà dans la Note précitée quelques applications du procédé, particulièrement à l'étude de la neutralisation des bases par les acides. J'ai poursuivi cette étude et je voudrais seulement mentionner ici, entre beaucoup d'autres, quelques résultats nouveaux.

a. Solubilité de la magnésie dans l'eau. — J'ai laissé séjourner de la magnésie au contact d'eau distillée bouillie. A un volume invariable (50^{cm^3}) de la liqueur ainsi obtenue, j'ai ajouté des proportions croissantes d'acide chlorhydrique titré. Puis sur chaque solution ainsi obtenue, j'ai effectué une mesure de tension interfaciale en faisant tomber goutte à goutte ladite solution dans de la benzine additionnée de sapamine. Les résultats sont consignés ci-dessous :

(x = volume d'acide décinormal ajouté à 50^{cm^3} de solution saturée de magnésie, a = volume de 100 gouttes.)

x (cm^3)..........	0	0,40	0,80	1,18	1,57	2,00	2,20
a (cm^3)..........	1,25	2,50	4,00	4,25	4,25	0,87	0,05

La tension superficielle commence donc par croître avec les additions d'acide (⁴), puis décroît brusquement à partir d'une valeur qui correspond évidemment à la saturation.

(¹) René Dubrisay, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1605.

(²) Hartmann et Kagi, *Zeits. f. angew. Chem.*, **41**, 1928, p. 127.

(³) René Dubrisay, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 894.

(⁴) J'avais déjà reconnu que la tension interfaciale étudiée est plus forte en milieu neutre qu'en milieu alcalin, l'abaissement par les bases n'étant toutefois pas comparable à celui que produisent les acides.

b. Formation d'acides par oxydation photochimique des alcools. — Si l'on expose à la lumière des ballons contenant en présence d'air une certaine quantité d'alcool, il y a oxydation avec formation entre autres d'acides organiques. J'ai éclairé pendant 100 heures au moyen d'une lampe à mercure de l'alcool éthylique contenu soit dans un ballon de verre, soit dans un ballon de quartz, puis j'ai mesuré la tension interfaciale des liqueurs obtenues par addition de 10^{cm^3} des alcools éclairés dans 100^{cm^3} d'eau. Les résultats ont été les suivants :

	cm³
Volume de 100 gouttes avant éclairement	3,50
Volume de 100 gouttes après éclairement dans le verre	3,60
Volume de 100 gouttes après éclairement dans le quartz	2,20

L'acidification sous l'effet de la lumière ultraviolette est donc manifeste.

c. J'avais antérieurement mis en évidence l'altération de certains vases de laboratoire par action de l'eau, en suivant précisément par la méthode capillaire [1] l'accroissement d'alcalinité d'eau maintenue en présence de ces vases. Le procédé actuel m'a permis en collaboration avec M. Henri Lafuma de compléter cette étude : nous avons pu, en effet, suivre les diminutions d'acidité de solutions d'acides divers maintenus au contact de différents vases. Je mentionnerai seulement ici quelques résultats particulièrement typiques.

Nous enfermions 20^{cm^3} d'une solution d'acide sulfurique N/5000 dans des flacons bouchés à l'émeri, et le tout était maintenu au bain-marie pendant 3 heures. Nous mesurions ensuite la tension interfaciale vis-à-vis d'une solution benzénique de sapamine d'une part des liqueurs ainsi traitées, d'autre part de la solution acide primitive. On a indiqué dans le tableau suivant le volume correspondant à l'écoulement de 100 gouttes.

	cm³
Solution acide primitive	1,00
Solution maintenue au contact d'un flacon de verre ordinaire	1,40
Solution maintenue au contact d'un flacon de verre ordinaire ancien	1,60
Solution maintenue au contact d'un flacon de verre spécial	1,00

On voit qu'avec les verres ordinaires il y a eu augmentation de la tension superficielle, donc diminution d'acidité et par suite attaque. Rien de tel ne se manifeste avec le flacon de verre spécial.

---

(1) *Ann. de Chim.*, 9, 1918, p. 25.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dosage réfractométrique des protéines sériques.* Note [1] de M. **Mladex Paić** et M[lle] **Valéria Deutsch**, présentée par M. G. Urbain.

Reiss en 1904 [2] a élaboré une méthode de dosage réfractométrique des protéines sériques. Il détermine à 17°,5 C. l'indice de réfraction $n_D^{17,5}$(*sér.*), et en soustrayant de cette valeur l'indice de réfraction du sérum protéines. déprotéiné $n_D^{17,5}$(*déprot.*), il obtient l'indice $n_D^{17,5}$(*prot.*) correspondant aux Cet auteur admet que le rapport

$$(1) \qquad \frac{n_t^D(prot.)}{c} = s,$$

où c est la concentration des protéines, ainsi que l'indice $n_D^{17,5}$(*déprot.*) ne varient pas d'un sérum à l'autre. Depuis, des critiques diverses ont été faites à cette méthode et aux valeurs trouvées par Reiss [3]. La méthode réfractométrique étant très simple, rapide et n'exigeant que quelques gouttes de sérum, il nous a paru intéressant de l'étudier de plus près, en l'appliquant aux sérums frais de lapins.

Pour déterminer la concentration c, les protéines ont été dosées gravimétriquement [4]. Les résultats ainsi obtenus concordent entre eux, pour un même sérum, à 1/100e près. En tout 20 sérums ont été examinés. La teneur c en protéines varie entre 5,24 et 8,32, la valeur moyenne est 6,52 g/100 cm³.

Les valeurs extrêmes observées pour $n_D^{20,2}$(*sér.*) étaient 1,34476 et 1,35028, et la moyenne était 1,34726 [5].

Afin de voir comment varie d'un sérum à l'autre l'indice de réfraction n_D^t(*déprot.*) du sérum déprotéiné, nous avons employé la méthode de Robertson [3].

---

(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) E. Reiss, *Arch. exp. Pathol. u. Pharm.*, 51, 1904, p. 18.

(3) A. Homer, *J. Soc. Ch. Ind.*, 38, 1919, p. 145; O. Arnd et E. A. Hafner, *Bioch. Z.*, 167, 1926, p. 440; T. B. Robertson, *J. Biol. Ch.*, 11, 1912, p. 179; F. Rohrer, *Schw. Med. Woch.*, 52, 1922, p. 555; W. Starlinger et K. Hartl, *Bioch. Z.*, 160, 1925, p. 113; K. Recknagel, *Arch. exp. Path. Pharm.*, 125, 1927, p. 257; W. von Frey, *Bioch. Z.*, 148, 1924, p. 53.

(4) Méthode de Kniping et Konitz, modifiée par Starlinger et Hartl, *loc. cit.*

(5) Comparer A. Vernes et A. L. Marchadier, *C. R. Soc. Biol.*, 82, 1919, p. 176.

On a alors

$$(2)\qquad n_D^{20,2}\,(déprot.) = 2[n_D^{20,2}\,(résid.) - n_D^{20,2}\,(acét.)] + n_D^{20,2}\,(eau),$$

où $n_D^{20,2}$ (*résid.*) représente l'indice de réfraction du liquide résiduel, après coagulation des protéines, $n_D^{20,2}$ (*acét.*) celui de l'acide acétique $n/50$ et $n_D^{20,2}$ (*eau*) celui de l'eau. Les valeurs $n_D^{20,2}$ (*déprot.*) ainsi déterminées varient entre 1,33503 et 1,33549; la valeur moyenne obtenue est 1,33527.

Les valeurs de s obtenues d'après la formule (1) varient entre 0,00172 et 0,00194, la valeur moyenne étant 0,00184.

Les valeurs moyennes de n_D^t (*déprot.*) et de s peuvent être déterminées encore par une autre méthode indépendante de celles indiquées ci-dessus. En portant dans un système de coordonnées les valeurs c, déterminées gravimétriquement, sur l'axe des abscisses et celles de $n_D^{20,2}$ (*sér.*) correspondantes sur l'axe des ordonnées, on obtient un ensemble de points qui déterminent une droite. En tenant compte de tous ces points on peut calculer, par la méthode des moindres carrés, l'équation linéaire suivante :

$$(3)\qquad n_D^{20,2}\,(sér.) = 1,33560 + 0,00179c.$$

La constante 1,33560 correspond à la valeur moyenne de $n_D^{20,2}$ (*déprot.*) et la constante 0,00179 à la valeur moyenne de s. L'accord entre les valeurs déterminées d'après les formules (1) et (2) et celles déterminées d'après l'équation (3) est satisfaisant. A cause de la grande dispersion des valeurs n_D^t (*déprot.*) et s l'erreur moyenne avec laquelle on peut calculer, d'après (3), $n_D^{20,2}$ (*sér.*) où c est assez grande; elle est respectivement $\pm$ 0,00043 pour $n_D^{20,2}$ (*sér.*) et $\pm$ 0,25 pour c.

On pourrait penser que l'erreur qui entache c serait plus petite si l'on tenait compte, pour chaque sérum, de son indice $n_D^{20,2}$ (*déprot.*) En réalité nous avons constaté que dans ce cas l'erreur reste pratiquement la même ($\pm$ 0,22).

Nous avons enfin examiné le coefficient de température des sérums de lapins. A cet effet n_D^t (*sér.*) de trois sérums a été déterminé à 14°,4, 20°,2 et 30°C. Le tableau suivant montre que l'indice de réfraction des sérums diminue avec la température, mais que cette diminution de n_D^t (*sér.*) est presque exclusivement due à la variation de l'indice n_D^t (*eau*). En effet, en faisant la différence $n_D^t\,(sér.) - n_D^t\,(eau)$, on obtient des valeurs qui diminuent très peu avec la température et que nous pouvons considérer, dans le cas de notre application, comme constantes.

$t°$C.	n_D^t (sér.). Sér. I.	Sér. II.	Sér. III.	n_D^t (sér.) — n_D^t (eau). Sér. I.	Sér. II.	Sér. III.
14,4	1,34797	1,34743	1,34787	0,01454	0,01400	0,01444
20,2	1,34757	1,34689	1,34733	0,01458	0,01390	0,01434
30,0	1,34644	1,34584	1,34629	0,01448	0,01388	0,01433

Dans l'équation (3) la constante $s = 0,00179$ peut donc être considérée, entre 14°,4 et 30°C., comme indépendante de la température. Par contre n_D (*déprot.*) $= 1,33560$ se compose de deux termes : n_D^t (*eau*) qui varie fortement avec la température, et

$$n_D^t(non\ prot.) = n_D^t(déprot.) - n_D^t(eau) = 0,00261$$

qui peut être considéré comme constant. La variation de n_D^t (*eau*) en fonction de la température t étant connue ([1]), on peut en définitive écrire l'équation (3) sous la forme

$$(4) \qquad C = \frac{n_D^t(sér.) - 1,3364 + 125.10^{-8}t + 2.10^{-6}t^2}{0,00179} \pm 0,25.$$

C'est donc à l'aide de cette formule, en connaissant l'indice de réfraction d'un sérum à n'importe quelle température entre 14,4 et 30°,0 C., que l'on peut déterminer la teneur en protéines d'un sérum de lapin. La précision de la méthode réfractométrique de détermination des protéines sériques n'est pas très grande mais elle pourra quand même, dans certains cas, rendre des services utiles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle détermination de la constante d'éthérification dans la phase gazeuse coexistante avec la phase liquide.* Note ([2]) de MM. **W. Swietoslawski** et **J. Salcewicz**, présentée par M. G. Urbain.

L'un de nous ([3]), en collaboration avec M. Poznanski, a déterminé la constante d'équilibre K_g de la réaction de formation de l'acétate d'éthyle dans la phase gazeuse, coexistant avec la phase liquide. La détermination exacte de cette constante présente de grandes difficultés, parce qu'une

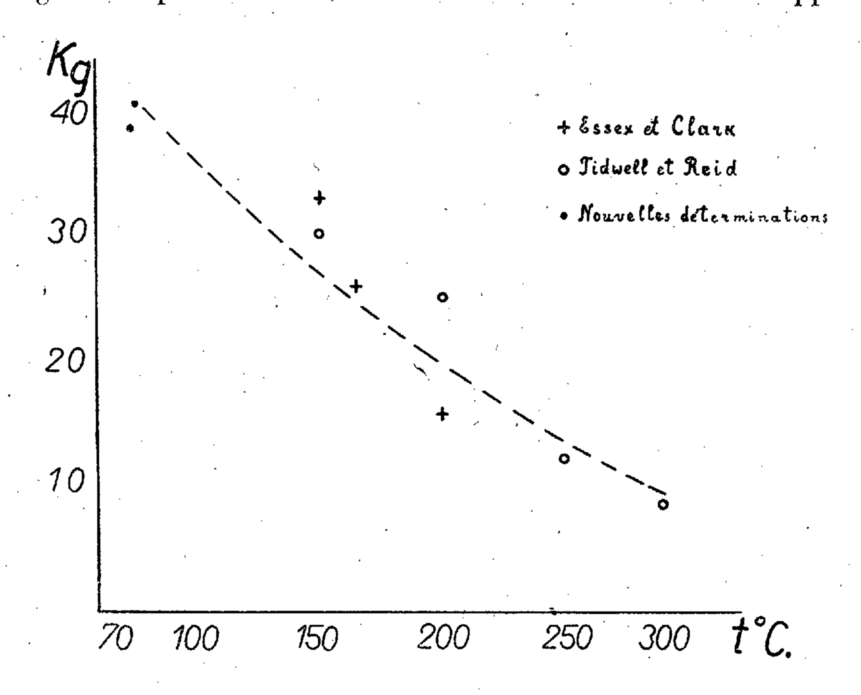
([1]) *Chemiker-Kalender*, III, 1933, p. 395.

([2]) Séance du 26 novembre 1934.

([3]) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 92; Roczniki, *Chem.*, **8**, 1928, p. 527.

petite erreur commise dans le dosage d'eau, ou provoquée par la déflegmation partielle des vapeurs, change considérablement la valeur numérique K_g. C'est pourquoi la constante $K_g = 58$, trouvée autrefois, ne pouvait être déterminée qu'avec une approximation de $\pm$ 10 pour 100. D'autre part, elle différait considérablement du nombre donné par Edgar et Schuyler ([1]).

Dans la présente recherche, l'appareil a été construit de telle sorte que la déflegmation partielle dans les tubes-conducteurs a été supprimée.



L'appareil a été muni de tous les perfectionnements apportés dernièrement par Swietoslawski dans la construction de ses ébullioscopes et de ses appareils à distillation. En outre, on a fait usage de la méthode d'analyse, élaborée par Salcewicz pour les mélanges d'éthanol, d'acide acétique, d'acétate d'éthyle et d'eau. Cette méthode permet de déterminer les concentrations dans ce mélange quaternaire avec une précision garantissant la détermination de K_g avec une précision de 2,5 pour 100 à 3 pour 100.

L'erreur provenant du fait que la distillation partielle change la compo-

([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 64.

sition de la phase liquide, a été supprimée en faisant circuler une quantité considérable du mélange dans lequel les substances établissent l'équilibre. En outre ce mélange était additionné d'une quantité convenablement choisie du mélange de même composition que les vapeurs enlevées par la distillation. En conséquence, la marche continue a été réalisée de manière que la composition du liquide et des vapeurs, séparés par la distillation partielle, correspondait précisément à la composition d'équilibre dans chaque phase.

Pour le mélange de 1 mol-g d'acide acétique et d'éthanol, on a trouvé à la température 75°,9 C. les valeurs 40,5; 39,9; 42,0, qui correspondent à la moyenne $40,8 \pm 2$ pour 100. Pour le mélange de 1^{mol} d'acide acétique et 3^{mol} d'éthanol à la température de 73°,7 : 40,3 et 38,3, ce qui correspond à la valeur $39,3 \pm 2,5$ pour 100. A cause d'un accident, la valeur K_g trouvée pour la réaction de 3^{mol} d'acide acétique et de 1^{mol} d'éthanol n'a pu être déterminée avec la même précision. On a trouvé $K_g = 35 \pm 10$ pour 100. L'expérience n'a pas été répétée faute de substances de départ.

La figure représente graphiquement la variation de K_g en fonction de la température d'après les valeurs trouvées par différents auteurs. On peut conclure que les données de Tidwell et Reid (1) s'accordent mieux avec nos valeurs trouvées que les autres. On constate que K_g diminue en se rapprochant de la valeur de la constante d'équilibre du mélange liquide, pour atteindre cette valeur à sa température critique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxydation du sulfate manganeux par l'eau oxygénée en milieu alcalin.* Note (2) de M. **Pierre Dubois**, présentée par M. G. Urbain.

D'après A. Carnot (3) un mélange de sel manganeux et d'eau oxygénée donne, par addition d'ammoniaque, en excès, un manganite manganeux de formule : $5\,MnO^2$, MnO ou Mn^6O^{11}. Gorgeu (4), dans des conditions expérimentales voisines forme un précipité de Mn^2O^3. La précision est de l'ordre de 1 pour 100. Carnot (5) refait ses expériences et obtient encore, à quelques millièmes près, Mn^6O^{11}. Contrairement à ses premières

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 4353.
(2) Séance du 19 novembre 1934.
(3) *Comptes rendus*, **107**, 1888, p. 999 et 1150; *Bull. Soc. chim.* **1**, 1889, p. 279.
(4) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **1**, 1890, p. 781; **3**, 1890, p. 401.
(5) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **9**, 1893, p. 613.

observations, il note que la présence de sels étrangers influe sur le degré d'oxydation et qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser un excès d'eau oxygénée ([1]). La potasse peut servir à la précipitation aussi bien que l'ammoniaque.

Les divergences des résultats obtenus par les deux auteurs paraissent inexplicables. En effet, il semble que l'emploi de quantités plus ou moins grandes d'eau oxygénée, de concentrations variables en sel manganeux, d'excès différents d'ammoniaque ne modifie pas la composition de l'oxyde précipité (Gorgeu).

Aussi, il était nécessaire d'entreprendre une étude systématique de l'influence de quelques facteurs de la réaction, en utilisant du sulfate manganeux à la concentration indiquée par Carnot en 1893.

Formation des précipités. — On opère sur 350^{cm^3} d'une solution contenant $0^{mol},00931$ de sulfate manganeux et, en général, une quantité d'eau oxygénée pouvant libérer $0^{at},00931$ d'oxygène. On y verse, à froid, en agitant sans arrêt, 50^{cm^3} d'une solution d'ammoniaque ou de potasse de titre convenable. L'ébullition, obtenue en 6 minutes, est prolongée 4 minutes. On filtre, puis lave avec 300^{cm^3} d'eau. Il n'y a pas d'eau oxygénée dans le filtrat.

Influence de la quantité d'ammoniaque et de la concentration en sulfate. — Les expériences sont faites avec des quantités d'ammoniaque variant du quart au triple de celle nécessaire, en théorie, à la précipitation du manganèse du sulfate. On obtient toujours à 1 pour 100 près, du Mn^2O^3 hydraté formé, dans certains cas, en présence de sulfate manganeux. La concentration de ce sulfate, variable dans ces expériences, n'influence donc pas l'oxydation. Le temps d'ébullition, au delà de 10 minutes, comme le passage d'un courant d'oxygène dans la solution, ne modifient pas la composition de l'oxyde qui est bien cristallisé aux rayons X ([2]).

Influence du pH. — Pour avoir des mesures faciles, on précipite avec de la potasse. La courbe en pointillé indique les pH, pris en solution, après formation de l'oxyde.

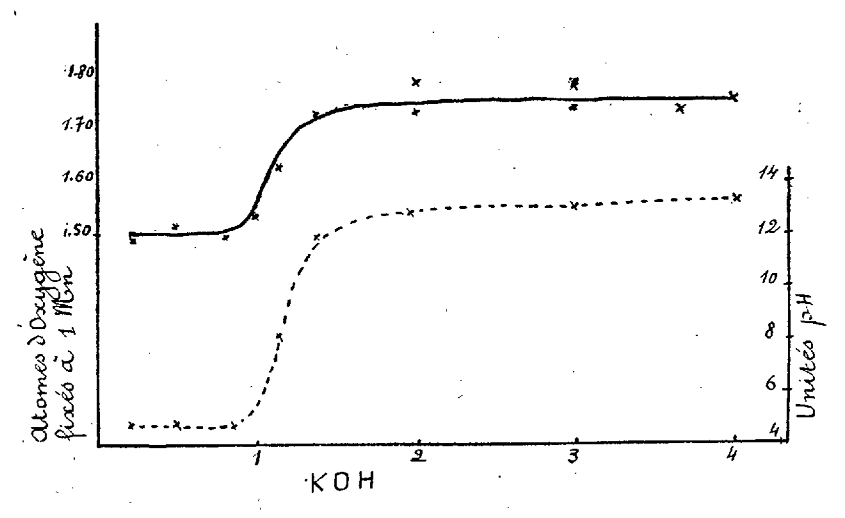
Pour les deux courbes, l'unité, en abscisses, correspond à la quantité de potasse donnant, en théorie, la précipitation complète du manganèse. En fait, dans ce cas, 2 pour 100 environ du manganèse total restent en

---

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 9, 1893, p. 214.

([2]) MM. M. Mathieu et Kurylenko ont obtenu les diagrammes de poudre nécessaires à cette étude.

solution. L'oxyde se forme à pH constant. C'est du Mn^2O^3 hydraté identique, aux rayons X, à celui donné par l'ammoniaque. Si l'on emploie un excès de potasse, tout le manganèse précipite. On a des oxydes de composition assez variable entre $MnO^{1,50}$ et $MnO^{1,80}$. Ils retiennent, après lavage ordinaire, des quantités importantes de potasse et sont mal cristallisés



aux rayons X. Cependant leurs diagrammes présentent certaines raies du Mn^2O^3 hydraté.

Influence de la quantité d'eau oxygénée. — Une quantité double de celle pouvant oxyder en MnO^2 tout le sel manganeux ne modifie pas les résultats.

Mécanisme de la réaction. — Il est possible que les oxydes se forment par précipitation de MnO suivie d'une oxydation rapide de ce dernier. En effet, précipitons, partiellement, le manganèse du sulfate par l'ammoniaque ou la potasse; puis, ajoutons l'eau oxygénée. Son action, qui s'exerce à pH constant, donne du Mn^2O^3 hydraté identique aux rayons X, à ceux décrits ci-dessus.

En utilisant un excès de potasse, le produit est mal cristallisé, mais, son diagramme X a des raies communes avec les diagrammes précédents.

Si l'ammoniaque ne donne que du Mn^2O^3 hydraté c'est, sans doute, en raison des faibles variations de pH qu'elle produit, en présence du sulfate d'ammoniaque libéré par la réaction. On n'atteint donc pas des pH aussi élevés qu'avec la potasse.

Conclusion. — On peut précipiter, en totalité ou en partie, sous forme de Mn^2O^3 hydraté, le manganèse d'une solution de sulfate, mélangée d'eau oxygénée par addition d'ammoniaque.

On a aussi du Mn^2O^3 hydraté en employant de la potasse sans excès. Dans le cas contraire, le sesquioxyde est partiellement oxydé et retient de la potasse.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur les variations de la constante de vitesse de saponification par la soude des amides en solutions saturées.* Note [1] de M. et Mme **Édouard Calvet**, présentée par M. J. Perrin.

J'ai constaté que la constante de vitesse k de saponification par la soude des amides en *solutions saturées* varie beaucoup avec la concentration en soude, k étant défini par l'équation

$$\frac{dC_a}{dt} = kC_aC_s, \tag{1}$$

où C_a et C_s sont les concentrations en amide et soude à l'instant t.

J'avais déjà montré d'autre part (*Thèse*, Paris, 1932) que la solubilité des amides dans les solutions de soude varie aussi beaucoup avec la concentration en soude suivant la loi exprimée par

$$\log\frac{\theta}{C_a} = \gamma C_s, \tag{2}$$

où θ est la solubilité de l'amide dans l'eau pure et γ une constante.

D'après les équations (1) et (2), si k était une constante, le rapport $\varphi = (dC_a/dt)/C_s$ devrait diminuer quand C_s augmente. Ce rapport augmente, au contraire, avec C_s. En ce qui concerne la benzamide en solution saturée dans la soude, on a

$$\left(\log_{10}\frac{dC_a}{dt}\right)\frac{1}{C_s} = -3,3 + 0,25\sqrt{C_s}. \tag{3}$$

Méthode expérimentale. — Les expériences ont été faites à 17°,90 avec la benzamide. A l'instant initial on ajoutait une quantité connue de soude 10 N. Une partie de l'amide précipitait aussitôt et l'on agitait mécaniquement le mélange. On n'étudiait que les vitesses de début de saponification (taux de saponification d'environ 2 pour 100), de manière à éviter les erreurs dues au changement de milieu au cours de la réaction.

Pour la détermination de la quantité de benzamide transformée en sel ammoniacal, j'ai utilisé la méthode décrite par Mme Pohorecka-Lelesz et Golse [2], convenablement adaptée.

---

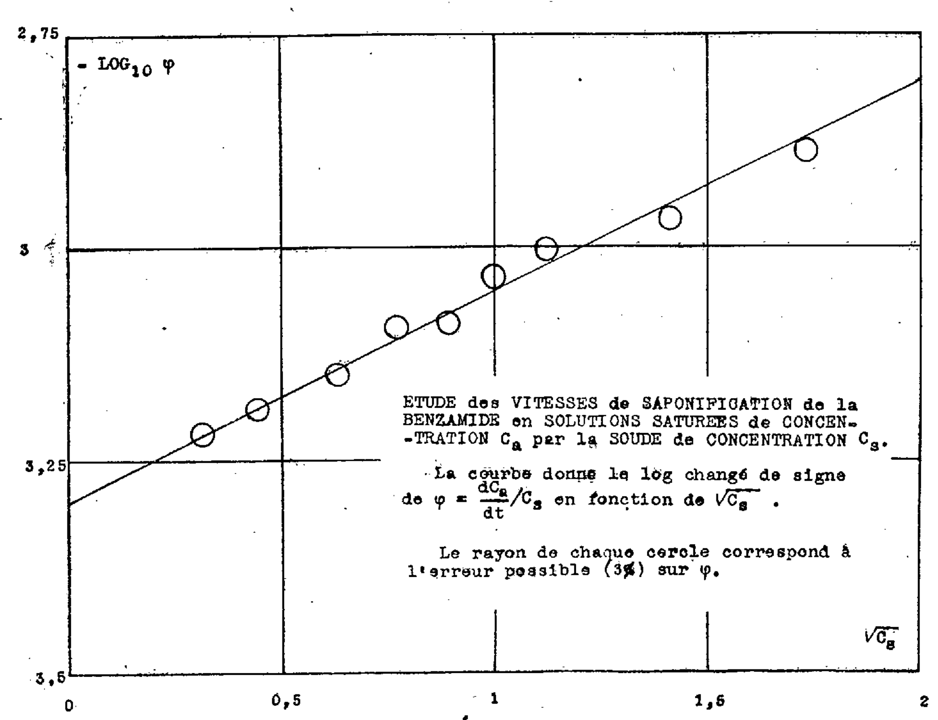
(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1924, p. 773; 7, 1925, p. 167.

Aux précautions déjà signalées par les auteurs, j'ajoute celle d'opérer avec un excès d'hypobromite au moins égal à deux fois la quantité qui doit être réduite par le sel ammoniacal.

Concentration en		Durée de saponification dt (en heures).	Quantité de sel ammoniacal formé par litre de solution en molécules-grammes dC_a.	$\varphi = \left(\frac{dC_a}{dt}\right)\frac{1}{C_s}$.	$\log_{10}\varphi$.
Amide C_a (solution saturée à 17°,90).	Soude C_s.				
0,079....	0,1	13,76	$0,823.10^{-3}$	$0,602.10^{-3}$	$\bar{4},779$
0,075....	0,2	6,76	$0,883.10^{-3}$	$0,646.10^{-3}$	$\bar{4},810$
0,0677...	0,4	3,70	$1,05\ .10^{-3}$	$0,71\ .10^{-3}$	$\bar{4},851$
0,0611...	0,6	2,30	$1,11\ .10^{-3}$	$0,805.10^{-3}$	$\bar{4},906$
0,0552...	0,8	1,73	$1,13\ .10^{-3}$	$0,816.10^{-3}$	$\bar{4},912$
0,0498...	1	1,366	$1,27\ .10^{-3}$	$0,43\ .10^{-3}$	$\bar{4},965$
0,0386...	1,5	0,966	$1,44\ .10^{-3}$	$0,993.10^{-3}$	$\bar{4},997$
0,0299...	2	0,75	$1,62\ .10^{-3}$	$1,08\ .10^{-3}$	$\bar{3},033$
0,0179...	3	0,48	$1,87\ .10^{-3}$	$1,30\ .10^{-3}$	$\bar{3},114$

Interprétation. — J'ai déjà montré (*Thèse*) qu'on est conduit à considérer



une forme A de l'amide en solution, saponifiable par la soude, en équilibre avec une forme B non saponifiable

$$\text{amide B} \rightleftharpoons \text{amide A}.$$

La constante d'équilibre $K = [A]/[B]$ serait extrêmement petite.

La véritable constante de vitesse μ définie par

$$\frac{dC_a}{dt} = \mu[A]C_s, \qquad \text{d'où} \qquad \mu = \frac{k}{K},$$

aurait par conséquent une valeur très grande, de l'ordre de grandeur des constantes de vitesse des réactions ioniques.

Le résultat expérimental traduit par la relation (3) s'accorde avec l'expression habituellement adoptée de la variation du coefficient d'activité d'un électrolyte en solution diluée en fonction de la force ionique. En effet, en opérant toujours à saturation de l'amide dans les diverses solutions de soude, on maintient l'activité a_A de l'amide constante puisqu'elle est toujours égale à celle du corps solide en excès avec lequel elle est en équilibre.

On a donc

$$(4) \qquad \frac{1}{C_s}\frac{dC_a}{dt} = \mu[A] = \mu\frac{a_A}{f} = \lambda\frac{1}{f}$$

(f étant le coefficient d'activité de la forme A de l'amide et λ une constante).

Si l'on admet que la forme A se comporte comme un électrolyte en solution très diluée ($A = K.C_a$; K est très petit, C_a aussi), on aura $-\log f = a\sqrt{C_s}$, et cette valeur, transportée dans (4), donne

$$\left(\log\frac{dC_a}{dt}\right)\frac{1}{C_s} = \log\lambda - \log f = P + a\sqrt{C_s},$$

forme identique au résultat expérimental (3) trouvé ci-dessus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques diols bitertiaires dérivés du diacétone-alcool (méthyl-2-pentanol-2-one-4).* Note de M. **René Jacquemain**, présentée par M. Delépine.

J. Lemaire (1), faisant agir dans les conditions habituelles le bromure de méthylmagnésium sur le diacétonealcool, a obteuu, ainsi qu'il est normal, un diol bitertiaire, le 2-4-diméthylpentanediol-2.4 :

$$CH^3 - \underset{CH^3}{\overset{OH}{C}} - CH^2 - CO - CH^3 \rightarrow CH^3 - \underset{CH^3}{\overset{OH}{C}} - CH^2 - \underset{CH^3}{\overset{OH}{C}} - CH^3$$

(1) J. Lemaire, *Rec. Trav. chim. P.-B.*, 29, 1920, p. 72.

C'est un liquide visqueux, soluble dans l'alcool et l'éther, peu soluble dans l'eau. $Éb_{35} = 113°$. Ce diol est relativement peu stable, il se décompose très facilement à la distillation et ses homologues supérieurs n'ont pu être isolés par suite de cette instabilité.

Reprenant cette question, j'ai fait agir sur le diacétonealcool, les bromures d'éthylmagnésium, de *n*-popylmagnésium, de *n*-butylmagnésium, de *n*-amylmagnésium, d'isopropylmagnésium, d'isobutylmagnésium et isoamylmagnésium. La condensation de l'organomagnésium et du diacétonealcool se fait normalement; cependant, pour obtenir avec un bon rendement le diol cherché, on doit prendre les précautions que j'ai signalées [1] pour l'obtention d'alcools tertiaires dérivés de l'oxyde de mésityle et, en plus, effectuer toutes les rectifications sous une pression réduite d'azote. J'ai pu constater, en effet, que lors des distillations, il se forme toujours un peu de carbure diéthylénique; ce carbure s'oxyde avec une grande facilité, en donnant des résines acides, décomposant rapidement le diol.

J'ai finalement obtenu des glycols bitertiaires répondant à la formule générale :

$$CH^3-\underset{\displaystyle CH^3}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH^2-\underset{\displaystyle CH^3}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-R$$

où R représente le radical de l'organomagnésien mixte mis à réagir sur le diacétonealcool. Ce sont tous des liquides visqueux, incolores, d'odeur généralement faible, de nuances difficiles à préciser. En voici les autres caractéristiques :

R.	Formule brute.	Éb.		D_4^t.	t.	N_D^t.	RM tr.	RM calc.
$-CH^2.CH^3$	$C^8H^{18}O^2$	98°	s. 5mm	0,9229	20°,2	1,4437	42,00	42,19
$-(CH^2)^2.CH^3$	$C^9H^{20}O^2$	107-108	»	0,9138	17,2	1,4449	46,60	46,81
$-(CH^2)^3.CH^3$	$C^{10}H^{22}O^2$	116-117	»	0,9020	21,5	1,4451	51,34	51,43
$-(CH^2)^4.CH^3$	$C^{11}H^{24}O^2$	123-124	s. 2mm	0,8963	26,6	1,4450	55,83	56,04
$-CH(CH^3)^2$	$C^9H^{20}O^2$	103-106	»	0,9207	28,2	1,4526	46,93	46,81
$-CH^2.CH(CH^3)^2$	$C^{10}H^{22}O^2$	105-106,5	»	0,9082	19,2	1,4472	51,19	51,43
$-(CH^2)^2.CH(CH^3)^2$ ..	$C^{11}H^{24}O^2$	119-120	s. 4mm	0,8961	22,2	1,4456	55,90	56,04

Ces alcools sont vraisemblablement à l'état de surfusion à la température ordinaire, mais, malgré de nombreux essais, je n'ai pu les obtenir cristallisés.

---

(1) R. JACQUEMAIN, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 482.

Ils se déshydratent avec une grande facilité, en donnant finalement les carbures diéthyléniques correspondants, qui feront l'objet d'une prochaine Note.

Par action de l'isocyanate de phényle on obtient une grande proportion de diphénylurée par suite de la déshydratation de l'alcool et quelques cristaux qui semblent être l'uréthane cherché, mais se décomposent lors des purifications.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un échange fonctionnel entre composés magnésiens et l'α-bromocamphre*. Note de M. **Henri Wuyts**, présentée par M. Delépine.

Des Notes récentes de MM. Grignard [1] et Urion [2] m'engagent à signaler des échanges fonctionnels entre magnésiens et bromocamphre observés dans mon laboratoire.

M. R. Stevens a tout d'abord vérifié que l'action d'un excès d'iodure de méthylmagnésium sur le bromocamphre donne lieu à un dégagement gazeux très important. Ce gaz, débarrassé d'éther au moyen d'acide sulfurique et soumis à la combustion, accuse une teneur en carbone et hydrogène correspondant sensiblement à un mélange équimoléculaire de méthane et d'éthane. Quant au produit solide séparé après hydrolyse, il est essentiellement constitué de camphre renfermant un peu de dicamphre-pinacone, $C^{20}H^{32}O^2$, fusible à 151°. Il ne paraît pas se former de carbinol bromé dans ces conditions.

En opérant en solution éthérée relativement concentrée, on a pu isoler, avant hydrolyse, un complexe dans lequel l'analyse a révélé la présence d'un noyau de camphre, de 2 atomes de Mg et de 2 atomes d'iode. Ces faits peuvent être interprétés en admettant les transformations suivantes :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CBr \\ \parallel \\ COH \end{matrix}\right. + CH^3MgI = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CBr \\ \parallel \\ COMgI \end{matrix}\right. + CH^4,$$

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CBr \\ \parallel \\ COMgI \end{matrix}\right. + 2\,CH^3MgI = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CMgI \\ \parallel \\ COMgI \end{matrix}\right. + C^2H^6 + MgIBr.$$

Ce dernier complexe donnant du camphre par hydrolyse.

---

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 625; *Bull. Soc. chim. Fr.*, 5e série, **1**, 1934, p. 1041.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1244.

M. U. Ingber a étudié l'action de deux magnésiens aromatiques, le bromure de phénylmagnésium et le bromure d'α-naphtylmagnésium sur le bromocamphre. Ces recherches réalisées autant que possible quantitativement ont montré qu'ici aussi la réaction est anormale. Il y a bien formation de produits peu volatils, qui n'ont pas été examinés de plus près et qui peuvent renfermer du carbinol, mais la réaction principale conduit à la réduction du bromocamphre en camphre.

Quant aux radicaux hydrocarbonés apportés par les magnésiens, ils apparaissent, ainsi qu'il résulte de données quantitatives répétées, sous la forme de dérivés halogénés. On trouve, en effet, parmi les produits de la réaction une quantité beaucoup plus forte de dérivé halogéné (bromobenzène et α-bromonaphtalène) que celle qui a échappé à la transformation en magnésien. Ces résultats pourraient s'interpréter en admettant que le métal du magnésien primitif passe sur le bromocamphre en transformant à son tour celui-ci en magnésien :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CBr\\ \parallel\\ COH\end{array}\right. + 2C^6H^5MgBr = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CMgBr\\ \parallel\\ COMgBr\end{array}\right. + C^6H^6 + C^6H^5Br.$$

Mais une autre interprétation est possible et plus conforme à celle admise plus haut pour l'action de l'iodure de méthylmagnésium. Pour la vérifier j'ai demandé à M. D. Verstraete de faire réagir sur le bromocamphre des magnésiens aromatiques renfermant un halogène autre que le brome.

L'expérience a été faite avec les magnésiens de l'iodobenzène et du chlorobenzène (ce dernier préparé en présence d'un peu d'iodure de méthylmagnésium). On a pu constater, dans les deux cas, la formation de bromobenzène en quantités très importantes. La mobilité plus grande de l'iode dans l'iodobenzène, ainsi que la proportion assez forte de composés peu volatils formés dans cette expérience en diminuent quelque peu la signification, mais les résultats que fournit le chlorure de phénylmagnésium sont particulièrement nets. La quantité de bromobenzène retrouvée dans ce cas est à peu près celle qui correspond au camphre isolé, d'après l'équation

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CBr\\ \parallel\\ COH\end{array}\right. + 2C^6H^5MgCl = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CMgCl\\ \parallel\\ COMgCl\end{array}\right. + C^6H^6 + C^6H^5Br.$$

Il semble donc bien qu'il ne faille pas envisager l'échange du métal seul, mais bien celui du radical MgX, lequel viendrait prendre la place de l'halogène dans le bromocamphre.

Une dernière expérience faite par M. D. Verstraete avec le chlorure de benzylmagnésium a montré que dans ce cas comme dans celui du magnésien de l'iodure de méthyle, les radicaux hydrocarbonés apportés par le magnésien sont libérés à l'état d'hydrocarbures sous forme de toluène et de dibenzyle. Ce serait donc une propriété des magnésiens aromatiques à halogène nucléaire de donner lieu à la régénération de dérivés halogénés dans ces réactions; les magnésiens d'halogénures aliphatiques et aromatiques en chaîne latérale donnant des hydrocarbures.

Tiffeneau et Tchoubar (¹) ont montré récemment que l'α-chlorocyclohexanone réagit normalement à froid avec les magnésiens pour donner des chlorhydrines et que ce n'est qu'à température plus élevée que l'on observe l'arrachement d'halogénure de magnésium accompagné de la migration conduisant aux cétones α alcoylées.

Nous venons de montrer que l'α-bromocamphre donne des produits finaux très différents de ceux que fournit l'α-chlorocyclohexanone.

Il ne paraît pas y avoir jusqu'ici de raison d'admettre que ces transformations soient consécutives à une réaction primaire normale, comme dans le cas de l'α-chlorocyclohexanone.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des couches du Sidi el Abed* (Département d'Oran). Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Cayeux.

Les monts du Sidi el Abed, qui émergent, entre El Aricha et Berguent, de la steppe d'alfa, ont été étudiés pour la première fois, au point de vue géologique, par Pouyanne vers 1875 (²). Cet auteur, sur sa carte, figure le Sidi el Abed en « Jurassique supérieur ou Crétacé inférieur »; « je pense, écrit-il (p. 105), qu'il doit être jurassique, à cause de la grande puissance des couches ». Il signale aussi, à peu de distance au nord de la chaîne, le petit piton ophitique de Mouley Abd el Kader (p. 135). Les cartes géologiques d'Algérie au 1/800000ᵉ, publiées en 1881 et 1890, ont figuré cette région comme du Crétacé; Flamand (³), dans son texte, en parle accessoirement au sujet du Crétacé inférieur. Depuis ce temps et à ma connaissance, cette attribution n'a jamais été discutée.

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 941.

(²) M. Pouyanne, *Annales des Mines*, Mémoires, **2**, 1877, p. 80.

(³) G.-M.-B. Flamand, *Recherches géologiques et géographiques sur les hauts plateaux de l'Oranie et sur le Sahara* (Lyon, 1911).

Une course récente m'a permis d'y reconnaître, au-dessus du Trias gypseux bien développé dans la plaine de Magoura, trois séries de dépôts :

1° Un complexe calcaréo-dolomitique, formé de dolomies claires, cristallines, de calcaires homogènes pisolithiques clairs, et de calcaires à fossiles et nodules siliceux. J'y ai trouvé *Aulacothyris resupinata* Sow., *Rhynchonella tetraedra* Sow., *Rhynchonella amalthei* Sow., et *Rhynchonella* cf. *variabilis* Schloth, en très mauvais état. C'est donc du Charmouthien plutôt supérieur (150^{m}).

2° Un ensemble de calcaires homogènes, clairs, souvent oolithiques, reposant sur le groupe précédent par un poudingue qui contient notamment des galets de quartz très bien roulés. Les calcaires se chargent progressivement, vers l'Ouest, de Mégalodontidés (*Megalodus ovatus* Boehm, *Megalodus pumilus* Benecke) et de grands Lamellibranches indégageables, que je serais tenté de rapprocher des types à charnière d'*Opisoma*, signalés par Menchikoff (1) plus au Sud. Cette formation rappelle celle reconnue par Dubar (2) dans le Moyen Atlas; et l'ensemble des groupes 1 et 2 n'est pas sans analogie avec la succession des couches du Lias inférieur et moyen étudiée par Dubar et Termier (3) dans la Haute Moulouya. Il faut cependant remarquer que la similitude n'existe que dans la succession des faciès, qui, au Maroc, se montrent sensiblement plus anciens. On sait en effet que la formation I est déjà probablement domérienne; les calcaires à Mégalodontidés qui lui sont superposés sont donc au plus tôt du Domérien supérieur.

3° Le troisième groupe, débutant par une brèche à huîtres et des formations argilo-dolomitiques rouges, vertes et noires, montre une grande épaisseur (350^{m}) de dépôts dolomitiques clairs, fins, admettant des intercalations de calcaires homogènes clairs, accompagnés de calcaires oolithiques et de lumachelles à Brachiopodes et à Lamellibranches; à la base des dolomies, j'ai trouvé, à Teniet Sassi, *Lima impressa* Morris et Lycett, *Pteroperna* cf. *plana* M. et L., *Avicula* sp. rappelant *Oxytoma Munsteri* Goldf., des Térébratules et Oursins indéterminables. Ces quelques fossiles paraissent indiquer le Bajocien ou le Bathonien; c'est du reste la conclusion à laquelle on arrive par la seule comparaison lithologique de ces couches avec le « Bathonien dolomitique » étudié par Flamand (*loc. cit.*, p. 462, etc.),

(1) M. N. MENCHIKOFF, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1617-1619.
(2) G. DUBAR, *Ann. Soc. géol. Nord*, 57, 1933, p. 181.
(3) G. DUBAR et H. TERMIER, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 890-892.

dans les régions de Saïda et de Méchéria; ses descriptions s'appliquent exactement au Bathonien du Sidi el Abed.

De l'exposé des faits précédents, il découle que l'âge de ces couches est plus ancien qu'on ne le supposait; sans être absolument exact, l'opinion de Pouyanne est cependant celle qui s'était le plus rapproché de la réalité.

GÉOLOGIE. — *Les faciès de l'Aptien, de l'Albien et du Turonien dans l'Aurès (Algérie).* Note [1] de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'Aptien, représenté au centre de l'Aurès [2] par des dépôts marneux et des calcaires assez fossilifères, ne montre au Sud-Ouest, dans l'Irzar Izenzarène, que des grès et des quartzites à peu près sans fossiles, si ce n'est quelques bancs à Orbitolines; de même, au Nord-Ouest, aux environs immédiats de Khenchela, les grès prennent une importance considérable.

L'Albien subit des variations de faciès analogues; représenté au centre par des marno-calcaires avec bancs de grès, on ne retrouve plus, dans le Sud-Ouest, que des grès à bois flottés et dents de Squales et, dans le Nord-Est, des grès grossiers avec empreintes de Gastéropodes et de Lamellibranches. En même temps l'épaisseur des couches est plus importante dans le centre que partout ailleurs (300^{m} au Centre et 50^{m} dans le Sud-Ouest).

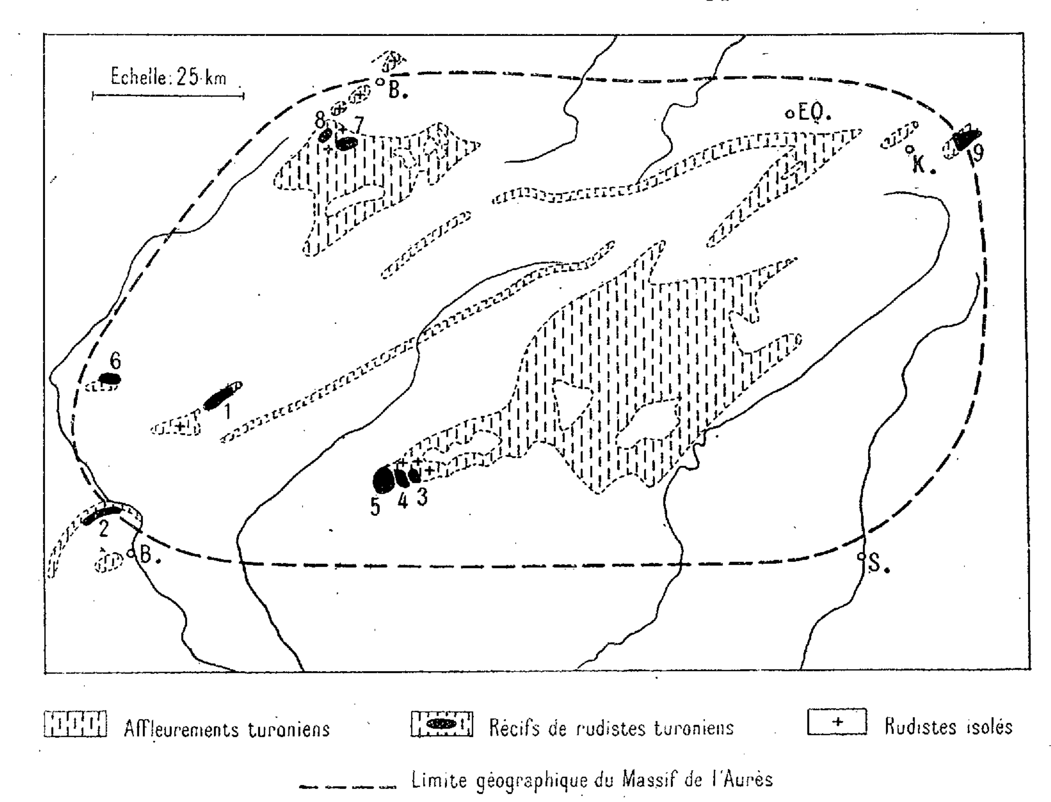
Le Turonien présente à la périphérie du massif des calcaires massifs à Rudistes et Polypiers, formant parfois de véritables récifs; déjà entre ces récifs et plus généralement au centre on trouve des marno-calcaires, en bancs alternés, à Échinides limnivores.

Les principaux récifs sont : A, Au Turonien inférieur; 1° celui de Tarhit n'Tazmelt à *Præradiolites biskarensis* Coq., Polypiers et Nérinées; 2° les couches de même faciès du Col de Sfa connues depuis Coquand. B, Au Turonien supérieur; 3° le récif d'Afsili à *Durania Arnaudi* Choff., les exemplaires de ce Radiolite atteignant 30^{cm} de longueur; 4° succédant au précédent, celui de Mansourah à *Hippurites* cf. *Requieni* Math., *Plagioptychus* sp. Roman et Mazenot d'Uchaux, Polypiers, Bryozoaires et Algues calcaires; 5° le récif de Thaouint n'Oulèche à *Hippurites Taburni* Guisc., *Plagyoptichus* et Polypiers; ces trois derniers récifs font partie d'un même ensemble, le plus important de l'Aurès, qui se développe sur près de 8^{km}; 6° le récif de Dra ez

[1] Séance du 26 novembre 1934.

[2] Robert Laffitte, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 191.

Zemla à *Hippurites Taburni* Guisc., *Plagioptychus* et Algues calcaires; 7° celui d'Imi n'Taguergoumist à *Hippurites* sp., Polypiers et Algues calcaires; là on observe sur moins de 200ᵐ de distauce le passage du récif aux marnes à *Hemiaster*; 8° celui de Marfeg el Anna à *Hippurites Rousseli* Douv. var. *batnensis* Douv.; 9° celui de Khenchela à *Hippurites Taburni* Guisc. Enfin, à Batna, on a depuis longtemps signalé, dans les couches terminales du Turonien, la présence d'Hippurites décrits par M. Douvillé sous le nom d'*H. Rousseli* var. *batnensis*. Aux espèces essentiellement turoniennes citées ci-dessus, au-dessus des couches à Hippurites s'ajoutent, notam-



ment à Mansourah et au Dra ez Zemla, des Ammonites coniaciennes, ce qui confirme bien l'âge des couches turoniennes.

Dans le centre de l'Aurès le Turonien devient très épais (500ᵐ); toutefois les faciès restent néritiques, mais sans Rudistes; on y trouve les mêmes fossiles qu'entre les récifs : des Lamellibranches (Plicatules, Limes, Janires, Inocérames) et des Echinides (*Cyphosoma* et surtout *Hemiaster*); les Ammonites sont rares et le plus souvent mal conservées : *Sphenodiscus Requieni* d'Orb., *Acanthoceras ornatissimum* Stol., *Pseudotissotia Douvillei* Pér., *Hemitissotia* sp., *Prionotronis* sp.

Plus généralement, au centre de l'Aurès, le Crétacé, de l'Albien au Sénonien, dépasse 3000^m d'épaisseur; mais les couches restent encore néritiques (en général faciès à Ostracés); on a donc là une fosse subsidente. Et au Turonien, qui atteint 500^m au centre, les organismes non récifaux étant les mêmes là qu'à la périphérie on peut se demander si l'affaissement rapide n'est pas, plutôt que la profondeur, la cause de l'absence des Rudistes dans ce centre.

GÉOLOGIE. — *Les* Kurkurstufe *dans le Désert Lybique et leur position stratigraphique*. Note [1] de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours d'une récente expédition au Gebel Garra et à l'Oasis de Kourkour, situés à peu près à la hauteur d'Assouan dans le Désert Libyque, il m'a été donné d'observer, parfaitement représenté dans l'une et l'autre de ces deux localités, le niveau que Blanckenhorn [2] créait en 1900 sous le nom de *Kurkurstufe*, et dont l'existence, d'abord admise par de nombreux géologues, fut par la suite contestée par Fourtau [3] et par Leuchs [4].

Les *Kurkurstufe* correspondaient, à l'origine, à la partie la plus ancienne de l'Éocène égyptien; elles se plaçaient, par conséquent, dans l'échelle stratigraphique, au-dessous des *Libyschestufe*, le Libyen de Zittel [5]. Identifié pour la première fois par Willcoks [6] et ses collaborateurs lors de la construction du barrage d'Assouan, entre le Gebel Garra et l'Oasis de Kourkour, ce niveau litigieux était situé au-dessus des marnes feuilletées à *Exogyra Overwegi* v. Buch du Crétacé supérieur et surmonté par les calcaires du Londinien essentiellement caractérisé par sa faune échinitique à *Pygorhynchus abundans* M. E. (devenu *Gitolampas*) et par un certain nombre de Mollusques décrits par Mayer-Eymar [7]. Les *Kurkurstufe*, dont

(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch.*, 52, 1900, p. 406.

(3) *Bull. Inst. Eg.*, 5e série, 7, 1, 1913, p. 20-24.

(4) *N. Jahrb. f. Min.*, Stuttgart, 2, 1913, p. 33-48.

(5) *Palaeontogr.*, 30, 1, Stuttgart, 1883, p. XLIII et suiv.

(6) *Projet d'irrigation pérenne et de protection contre l'inondation en Égypte* (*Min. Tr. Pub. Gouv. Eg.*, Appendice VII, 1894, p. 8). Voir aussi : *Egyptian irrigation*, 2e édition, London, 1899, p. 6.

(7) *Journ. de conchyl.*, 44, n° 4, 1896, p. 356-366, pl. IX-X; 46, n° 4, 1898, p. 26-32, pl. III-IV, et p. 231-237, pl. XIII-XIV.

Ball ([1]) n'avait pas retrouvé la trace, étaient ultérieurement attribuées par Fourtau ([2]) au Crétacé supérieur, par analogie avec la stratigraphie tunisienne.

Oppenheim ([3]), dans son importante monographie des Mollusques du Tertiaire inférieur d'Égypte, citait cependant à l'Éocène inférieur les fossiles provenant du Gebel Garra et de l'Oasis de Kourkour et que Mayer-Eymar avait déjà intégrés au Nummulitique. Hume ([4]), un peu plus tard, proposait de faire des *Kurkurstufe* l'équivalent du Libyen inférieur à *Opercula libyca* Schw. Fourtau (*loc. cit.* p. 20), enfin, modifiant l'opinion qu'il avait auparavant émise, suggérait d'abandonner cette subdivision stratigraphique, les fossiles ayant servi à l'établir, mélange de formes crétacées et éocènes, roulées, usées, n'ayant pas dû être ramassées *in situ* et ne présentant par conséquent, aucun intérêt positif. Le dernier, Leuchs (*loc. cit.*, p. 33), après avoir visité les lieux, se prononçait à son tour pour la suppression du terme si longtemps respecté et déclarait que le niveau à Échinides de Willcocks n'existait ni au Gebel Garra ni dans l'Oasis de Kourkour.

Telle avait été aussi ma manière de voir en 1930 ([5]), époque à laquelle je n'avais pu rendre visite encore à ces régions éloignées.

Cette Note précise l'existence et la position stratigraphique des *Kurkurstufe* et rend à Willcocks le mérite d'avoir effectivement observé le banc à Echinides et à Mollusques qui devait conduire à la création de cette subdivision.

Au Gebel Garra, deux ou trois bandes d'argiles brunâtres, alternant avec des calcaires marneux et siliceux de même couleur et représentant ensemble une épaisseur de 5 à 6^m, sont parfaitement à la place que leur assigna Willcocks; ils surmontent immédiatement les marnes feuilletées et bariolées à *Exogyra Overwegi* v. Buch; j'y ai récolté les fossiles suivants qui en soulignent l'âge danien : *Gitelampas abundans* M. E. sp., *Hemiaster* cf. *chargensis* Wan., *Nucula Edwardsi* M. E., *Corbula trigenioides* M. E., *Cuculœa Schweinfurthi* Zitt., *Lucina* cf. *dachelensis* Wan., *Turritella Overwegi* Wan., *Nautilus* cf. *deserterum* Zitt.

([1]) *Surv. Dept. Eg.*, Caire, 1902, p. 30-31.
([2]) *Mem. Inst. Eg.*, 6, II, 1909, p. 105.
([3]) *Palaeontograph.*, 30, fasc. 3, Stuttgart, 1903-1906.
([4]) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, 67, 1911, p. 134.
([5]) *Mem. Inst. Eg.*, 16, Le Caire, 1930, p. 45.

Dans l'Oasis de Kourkour, les mêmes sédiments apparaissent dans des conditions de gisement identiques, couronnés par des marnes feuilletées qui sont les *Esna shales* de Beadnell ([1]) et recouverts par des calcaires plus ou moins schisteux, que Ball (*loc. cit.*, p. 32) croît ici d'âge Crétacé supérieur; le fond de la cuvette de Kourkour est constitué par l'un des bancs de calcaire à Mollusques daniens alternant à l'entrée du couloir qui mène à l'oasis avec les marnes à Échinides se rapportant au même étage; la faune de ces formations est à peu près semblable à celle que j'ai signalée précédemment au Gebel Garra.

Il faut donc restituer les *Kurkurstufe*, les *Gara-Kurbur series* des auteurs anglais, à notre vocabulaire de stratigraphie égyptienne; ces couches, dont l'existence ne saurait plus être mise en doute, semblent représenter un faciès littoral du Danien; elles correspondent probablement aux *Blättermergel* du Gebel Gournah dont le faciès est plutôt pélagique, ainsi que Fourtau ([2]) en avait fait la remarque. En ce qui concerne les calcaires à *Pentacrinus* sp. rapportés au Danien dans l'Oasis de Kourkour et surmontant les *Kurkurstufe* à *Gitolampas abundans* sp., il n'est pas impossible qu'ils aient pour équivalents les calcaires « en briquettes » qui, occupent au Gebel Garra la portion inférieure des formations couronnant ce massif; quant aux couches terminales du Gebel Garra où j'ai identifié de rares Nummulites, elles paraissent bien synchroniques des terrains qui reposent au Gebel Gournah sur les *Blättermergel* d'Oppenheim ([3]).

HYDROLOGIE. — *Le fluor des eaux minérales françaises.* Note de M. **Raymond Charonnat** et Mlle **Simone Roche**, présentée par M. A. Béhal.

Le fluor, reconnu dans les eaux minérales depuis Berzélius, n'a fait l'objet, quant aux sources françaises, que de trois séries d'investigations systématiques; les premiers dosages de M. de Gouvenain (Bourbon-l'Archambault, Néris, Vichy) ont été contestés par Willm; ceux de Carles ([4]), en 1907, ont porté sur 93 sources; Gautier et Clausmann, en 1913, rejetant

([1]) *Journ. Geol. Soc. of London*, 51, 1905, p. 667-668.
([2]) *Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 27, 1899, p. 480-491.
([3]) *Sitz. k.-bayer. Akad. Wissensch.*, Munich, 32, 1902, p. 435-456, pl. VII.
([4]) P. Carles, *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 37 et 201.

la méthode de Carles comme ni fidèle, ni générale, ont élaboré une technique minutieuse qu'ils ont appliquée à 40 sources de types variés (¹); les résultats, pour les eaux communes aux deux séries de recherches, sont très discordants. Cette technique, fort laborieuse, ne paraît pas avoir été mise en œuvre par d'autres auteurs; les dosages les plus récents, de l'Institut d'Hydrologie (Cauterets, Vichy, Brides, Salins-Moutiers, Allevard, Uriage), font appel à la méthode de Penfield, délicate aussi. Dans tous les cas, l'ion fluor a été dosé après concentration d'un grand volume d'eau, précipitation de fluorure de baryum ou bien entraînement sur un précipité auxiliaire, avec risque de pertes.

Nous avons utilisé un dosage colorimétrique direct très simple, basé sur la réaction de J.-H. de Boer (²); la combinaison complexe rouge violacé que forme l'alizarinesulfonate de sodium avec un sel de zirconium est transformée par divers acides; un alizarinesulfonate jaune est libéré; les ions fluor, en milieu chlorhydrique, agissent à des concentrations incomparablement plus faibles que les autres ions des eaux naturelles; le passage de la teinte rouge à la teinte jaune est d'autant plus marqué que la teneur en ions fluor est plus élevée; plusieurs auteurs ont déjà proposé des applications analytiques de cette réaction; nous avons adopté les conditions suivantes qui conviennent bien aux eaux naturelles où l'effet des autres ions est, en général, négligeable (la technique détaillée paraîtra dans un autre Recueil).

50^{cm^3} d'eau minérale, placés dans un tube de Nessler, sont additionnés de 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et de 5^{cm^3} de réactif contenant, pour 1000^{cm^3} d'eau distillée, $0^g,34$ d'alizarinesulfonate de sodium et $1^g,74$ de nitrate de zirconyle cristallisé. On prépare simultanément une gamme d'étalons avec 0^{cm^3}, $2^{cm^3},5$, 5^{cm^3}, $7^{cm^3},5$ d'une solution standard de fluorure de sodium ($0^g,0221$ FNa pur par litre) qu'on amène à 50^{cm^3}, puis additionne, comme ci-dessus, d'acide et de réactif; les étalons correspondent ainsi à 0^{mg}, $0^{mg},5$, 1^{mg}, $1^{mg},5$ de fluor par litre. Les tubes sont agités jusqu'à coloration homogène, abandonnés une heure, agités de nouveau; la comparaison colorimétrique de l'essai avec les termes de la gamme indique le nombre de milligrammes de fluor par litre d'eau minérale : on peut doser ainsi de $0^{mg},25$ à 10^{mg} de fluor; en dehors de ces limites, l'eau doit être concentrée, en milieu légèrement alcalin, ou diluée. Pour les eaux riches en ions chlore, sulfate, arséniate, des corrections sont nécessaires; on peut aussi éliminer l'ion SO^4 ou former la gamme de référence avec des solutions salines contenant les ions perturbateurs à la dose où ils se trouvent dans l'eau examinée.

(¹) A. GAUTIER et P. CLAUSMANN, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1469, 1670, 1753; 158, 1914, p. 1389, 1631.

(²) J.-H. DE BOER, *Rec. Trav. chim. P.-B.*, 44, 1925, p. 1071.

150 eaux minérales déjà étudiées nous conduisent à modifier quelque peu les conclusions de Gautier et Clausmann. Les plus riches en fluor sont les eaux thermales oligosalines de Plombières : dix sources ont au moins 9 mg de fluor par litre (Vauquelin : 15,5 ; Talweg n° 9 : 15 ; Stanislas et Robinet romain : 14,4 ; Mougeot : 14 ; Talweg n° 10 : 11,5 ; Talweg n° 6 : 10,5 ; Talweg n° 7, Dames et Hypocauste de 9 à 9,7) ; elles ont toutes une température supérieure à 50° ; les autres sources ont des teneurs en fluor d'autant plus basses que leur thermalité est plus faible. Pour la source des Dames, la seule qui ait fait l'objet à Plombières de déterminations antérieures, Carles indique 5 et Gautier $1^{mg}, 82$ de fluor au litre ; la méthode de Penfield nous a donné $7^{mg}, 3$; les déterminations faites sur 24 prélèvements mensuels successifs n'ont pas révélé de variations notables.

Viennent ensuite les eaux bicarbonatées sodiques de Vichy, Hauterive et Saint-Yorre (13 sources examinées) où la teneur en fluor est comprise entre 5 et 8,7 mg/lit. quelle que soit la thermalité. On ne peut pas conclure avec Gautier et Clausmann que les eaux bicarbonatées sodiques ont la prééminence pour la richesse en fluor ; celle-ci paraît plutôt une caractéristique locale ; 12 sources froides de Vals montrent des teneurs comprises entre 1 et 4,3 se classant dans le même ordre que les alcalinités, mais n'atteignant pas les valeurs de Vichy pour des températures et des alcalinités comparables. Dans les eaux bicarbonatées de diverses régions le taux de fluor est de l'ordre de 1 à 2 mg/lit.

Des teneurs plus fortes se retrouvent dans quelques eaux sulfurées : Labassère (13°) 6 mg ; Saint-Honoré (20 à 30°), La Preste (44°), Eaux-Bonnes (32°), environ 4 mg/lit.

Les sources froides d'origine superficielle : sulfatées calciques (Vittel, 8 sources, Contrexéville, 6 sources, Martigny, Bourbonne, Capvern), chlorurées sodiques fortes (Salies-de-Béarn, 3 sources) ont des teneurs en fluor assez faibles : 0,5 à 2 mg/lit.

Selon Gautier, le fluor des eaux minérales aurait une origine très profonde et les sources plutoniennes en seraient particulièrement riches. Nous n'avons pas observé dans les eaux les plus chaudes de France (Chaudes-aigues, Ax-les-Thermes) des teneurs en fluor comparables à celles des sources, même tempérées, de Plombières. Prélevé au contraire dans les roches du sous-sol, le fluor ne doit pas caractériser seulement quelques filons hydrothermaux privilégiés, mais avoir une dispersion assez large ; à l'exemple du bassin de Vichy, nous pouvons joindre celui d'une source de Bains-les-Bains qui, à 15^{km} de Plombières, contient encore 6^{mg} de fluor au

litre. L'absence de discontinuité dans la teneur en fluorures, lorsqu'on passe des eaux les plus chaudes aux sources tièdes et aux eaux superficielles d'une même station, n'est guère en accord avec l'hypothèse de l'origine fumerollienne du fluor hydrominéral.

Les eaux potables contiennent toujours cet élément (un ou plusieurs décimilligrammes par litre); la haute teneur de la source Vauquelin de Plombières en fluorure de sodium représente presque le dixième de sa minéralisation. Le fluor, ayant une activité physiologique bien plus marquée que celle des autres halogènes, constitue vraisemblablement un facteur important de la valeur thérapeutique des eaux minérales et il serait intéressant d'examiner de ce point de vue le groupe des sources fluorées.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Transparence de l'air pour la lumière de Wood.* Note (¹) de M. **Jacques Duclaux**, présentée par M. Brillouin.

J'ai donné (²) les résultats de mesures de transparence, faites au moyen de clichés obtenus au Pic du Midi par M. Hugon les 2 et 13 novembre 1932. Il résultait de ces mesures que le coefficient d'absorption de l'air, pour les rayons de longueur d'onde 3682 Å (lumière de Wood) avait été, à ces dates, inférieur de 15 pour 100 au moins à celui que donne la théorie de Rayleigh. Comme conséquence de cette grande transparence, l'image de sommets distants de 90^{km} était encore visible sur les clichés pris avec ces rayons.

Un autre cliché pris le 3 novembre 1932 portait l'image d'un sommet encore plus lointain, qui n'a pu être identifié que plus tard. Sa distance au Pic du Midi est 96^{km}; c'est jusqu'ici la plus grande portée atteinte avec les rayons de la longueur d'onde indiquée. Si l'on admet, pour la variation de l'absorption avec la couleur, la relation théorique qui fait intervenir la quatrième puissance de la longueur d'onde, une visibilité à 96^{km} en lumière de Wood entraîne une visibilité en lumière blanche à plus de 600^{km}. Il s'agit donc d'une transparence exceptionnelle; normalement la portée en ultraviolet ne dépasse pas 50 à 60^{km}, comme le montrent les nombreux clichés faits au Pic du Midi par des temps très clairs.

L'air était très sec (degré hygrométrique 0,12) et la température était

---

(¹) Séance du 26 novembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1524.

voisine de 0°. La distance de 96^{km} représente une épaisseur de 70^{km} d'air à la pression normale.

L'étude photométrique du cliché a donné, par la méthode indiquée (*loc. cit.*) le coefficient d'absorption pour 3682 Å. Cette méthode suppose connue la brillance propre de la mire. Si l'on suppose celle-ci parfaitement noire, le chiffre trouvé, rapporté à l'air à la densité normale, est $5,85.10^{-7}$ nombre déjà inférieur de 6 pour 100 au chiffre théorique. La théorie est donc en défaut, et d'autant plus que la mire, bien loin d'être noire, est un sommet couvert de neige nouvelle. Sa brillance propre n'est pas exactement déterminable, mais elle ne peut pas être inférieure à 40 pour 100 de celle du ciel adjacent. Si l'on admet ce chiffre minimum, la valeur du coefficient d'absorption tombe à $4,8.10^{-7}$, chiffre certainement trop grand et cependant inférieur de 23 pour 100 au chiffre théorique. C'est le plus petit obtenu jusqu'à présent ; mais il n'y a pas de raison de croire qu'il représente une limite infranchissable. De toute manière la théorie est en contradiction avec l'expérience et devra être modifiée.

Une transparence atmosphérique supérieure au chiffre théorique a déjà été notée au Spitzberg par P. Götz (1). Ses observations confirment ainsi celles du Pic du Midi. Les conditions sont différentes, puisque la méthode de P. Götz fait intervenir l'épaisseur totale de l'atmosphère, tandis que celle qui est employée ici ne fait intervenir que la basse atmosphère au-dessous de 3000^{m}. Mais il n'y a plus de différence, si l'on admet que l'atmosphère étudiée au Pic du Midi provenait, par un mouvement vertical descendant, des régions élevées de la troposphère ; ce qui expliquerait en même temps sa sécheresse. En rapprochant ces faits de ceux qu'a signalés M. Dauvillier (2), on voit qu'il serait intéressant, pour la connaissance des mouvements généraux de l'atmosphère, de combiner les mesures de transparence avec les dosages d'ozone au niveau du sol. Ces dosages devraient, comme ceux de M. Dauvillier, être continus, car des mesures faites à de longs intervalles et pendant quelques jours seulement ne permettront jamais aucune conclusion.

---

(1) *Gerl. Beitr.*, 31. 1929, p. 119

(2) *Journ. Phys.*, 5, 1934, p. 455.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la radioactivité des couches géologiques de la vallée du Rhin.* Note de MM. E. **Rothé** et F. **Stoeckel**, présentée par M. Ch. Maurain.

En 1928 furent publiés les résultats de mesures magnétiques exécutées sur les échantillons des différentes couches géologiques provenant de sondages effectués jusqu'à 1300^m par les Mines Domaniales de potasse (1). Les mêmes échantillons (première colonne du tableau), provenant des profondeurs indiquées (deuxième colonne), ont été étudiés au point de vue de leur faible radioactivité par la méthode classique de l'électromètre Curie par comparaison avec un étalon à l'oxyde d'uranium (diamètre $7^{cm},45$), équivalent à une quantité d'émanation de 0,0276 microcurie, et par l'intermédiaire d'un étalon secondaire (diamètre $1^{cm},98$) d'activité 0,0431 de la précédente. Dans le tableau ci-après, l'activité des substances est exprimée par le rapport R à l'étalon primaire multiplié par 10^6 (dernière colonne). Un autre mode de comparaison a aussi été utilisé. On sait que si l'on porte en abscisses les temps en minute, en ordonnées les déviations lues sur l'échelle de l'électromètre, et si l'on se limite au domaine dans lequel les déviations sont bien proportionnelles aux quantités d'électricité libérées, les points d'observation se rangent sur des droites : 1° dans le cas de la perte spontanée; 2° dans le cas de la substance ionisante. Dans chacun des cas, on observe pendant un intervalle de temps constant θ et l'on mesure les déviations n et n_0 pour la substance et pour la perte spontanée correspondant à ce temps, ainsi que les quantités correspondantes pour l'étalon secondaire N et N_0. Le rapport R est égal à $n - n_0 / N - N_0 \times 0,0431$, mais on peut se contenter comme mesure relative des différences de lecture $n - n_0$ pour chaque substance en divisions de l'échelle (troisième colonne). Il est d'ailleurs facile de passer des nombres ci-dessus aux quantités de radium équivalentes. Par exemple, pour le grès calcaire de Geisswasser, on aurait $1,86 \times 10^{-12}$ gramme.

On n'a fait figurer dans le tableau actuel que les couches de celui de 1928 de radioactivité nettement appréciable. Les poids, densités, et les divers détails d'observation seront indiqués ailleurs.

---

(1) E. Rothé et Mme A. Hée, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 52.

Substance.	Profondeur en mètres.	Nombre de divisions pour 40 minutes.	Rapport d'activité $R \times 10^6$.
	Chattien.		
Marnes bariolées	110	10,7	47,1
»	220	16,0	70,7
»	240	6,7	29,5
Marnes argileuses Geisswasser	230/350	7,3	32,4
Grès calcaire Geisswasser	230/350	15,3	67,8
DP^{IV}	398	9,3	41,2
»	260	6,7	29,5
»	441	3,3	14,7
	Stampien.		
Marne un peu bitumeuse	185	8,7	38,3
Marnes pyriteuses	189	7,0	30,9
Marnes pyriteuses	195	8,3	36,8
DP^{IV}	100	12,7	56,0
»	124	9,3	41,2
	Sannoisien.		
Marne	105	8,3	36,8
Marne	218	9,3	41,2
Marne (zone sal. sup.)	220	3,3	14,7
»	362	5,3	23,6
»	476	7,3	32,4
Marne feuilletée	500	2,0	8,8
Marne	605	3,7	16,2
Marnes dures	295	4,7	20,6
»	1250	3,7	16,2
Marnes friables	1279	4,3	19,15
Marne feuilletée	212	6,0	26,5

Nous appelons l'attention sur les marnes et calcaires du Chattien, profondeur 260 à 350 mètres, qui présentent la radioactivité la plus importante et aussi une susceptibilité magnétique élevée : le calcaire de Geisswasser a une susceptibilité de l'ordre de 465×10^{-6}. Une explication de cette propriété magnétique a été récemment proposée [1]. La radioactivité, supérieure aux autres, conduit aussi à penser à un phénomène d'éruption.

Comme il fallait s'y attendre, les roches éruptives des Vosges sont notablement plus actives, notamment certaines rhyolithes actuellement à l'étude dont les activités peuvent s'exprimer par $97^{mm},7$ pour 40 minutes,

(1) J.-P. Rothé, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1443.

et pour lesquelles le rapport R atteint 430×10^{-6}. Mais les activités de nombre d'autres roches qui seront publiées plus tard ne dépassent pas celles des marnes et calcaires signalés ci-dessus. C'est un fait important au point de vue géologique.

BOTANIQUE. — *Sur le* pH *limite de la croissance des végétaux dans les régions de steppes*. Note [1] de M. **Eugène Chabanier**, présentée par M. L. Mangin.

Une réaction géologique simple, réalisable au laboratoire, signalée en 1927 dans une revue chilienne [2], semble jouer un rôle important dans la définition des conditions biologiques des climats arides. Un feldspath orthose fournit, par sa décomposition dans les climats tempérés, un kaolin; il semble que les argiles sédimentaires si fréquentes sur les pentes du Massif central aient eu pour origine des feldspaths calcosodiques. Dans les climats de steppes et en particulier en Argentine et au Chili, la plus grande partie des éléments du sol ou des roches, constitués par des silicates calcosodiques, se décomposent plus rapidement, laissant sur place de l'alumine, des oxydes de fer, de la silice, du carbonate de calcium et de sodium. Il semble que la décomposition de ces silicates soit, comme dans nos contrées, le résultat d'une hydrolyse, cependant plus profonde, puisqu'elle désagrège la molécule; mais ici le carbonate de calcium joue un rôle accélérateur qui permet de la suivre ou de la reproduire. Il suffit de préparer par lavage des suspensions de carbonate de calcium et de feldspaths calcosodiques, lavées jusqu'à neutralité (pH 7) à la sulphone phtaléine. Le mélange des deux solutions fait apparaitre une coloration correspondant à pH 8,4. Les ions Na mettent en évidence une réaction qui sans eux resterait invisible. Dans la Cordillère les rosées abondantes facilitent par cette réaction l'accumulation des carbonates de calcium et de sodium, produisant un colmatage des fissures rappelant les phénomènes observés dans des marnes par Pierre Urbain [3].

Les sels présents après la période sèche sont entraînés par les premières

---

[1] Séance du 26 novembre 1934.

[2] *Sociedad de Mineria*, Santiago du Chili, n° 340, août 1927; *Revue de Géographie physique*, 6, II, 1933, p. 177; *Nature*, 133, juin 1934, p. 504.

[3] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1036.

pluies, laissant sur place une couche de carbonate de calcium, comme sur le Cerro Blanco étudié par Darwin à Santiago. Ces eaux de lavage fournissent la plus grande partie des sels des salars à chlorure de sodium libéré physiquement par la décomposition des roches, ou des lagunes saumâtres du versant chilien. Sur le versant chilien les alcalinisations superficielles sont limitées suffisamment pour que le développement du blé soit possible en terres non irriguées; elles interdisent, au-dessus du plan d'eau des canaux, la vigne. Cette alcalinisation pourrait être la cause de la disparition des forêts; en tout cas on trouve des restes de forêts dans les vallons de la cordillère alimentés par des eaux de neiges, donc neutres. Du côté argentin les phénomènes observés sont plus intéressants par les conclusions qu'ils suggèrent. Alors que, dans l'état de Buenos-Aires, le climat de caractère atlantique assure le lessivage annuel des sols et permet une culture intensive, la partie occidentale de l'Argentine voit réduire le nombre des cultures possibles, rendant la vie très pénible pour l'européen privé de tout produit de culture maraîchère qui explique la surpopulation de Buenos-Aires et l'échec physiologique de la devise *governar es poblar*. Le maïs cesse le premier, puis le blé, enfin la luzerne, pour laisser la place aux Atriplex, dernière nourriture des bestiaux *criollos*. La durée d'insolation ne semble plus une condition nécessaire du développement normal de la croissance et de la maturation comme au Chili ou en France. C'est l'alcalinisation du sol qui met un terme à la croissance, et l'hacendado suit chaque jour dans les journaux les dépêches des observatoires météorologiques qui lui apprennent, à Buenos-Aires, s'il peut espérer une belle récolte assurée par une pluie qui augmente la durée de la croissance et de la formation de l'épi. On peut en déduire une économie de l'irrigation suivant laquelle les terres devraient être lessivées une fois par an, en séparant soigneusement ces eaux nuisibles dans un second Nil comme dans l'Égypte ancienne, procédé abandonné aujourd'hui. L'application de cette méthode en Argentine aurait des résultats bien plus importants; il assurerait la régularité des récoltes, permettrait les cultures maraîchères, il rendrait habitables d'énormes surfaces qui ne dépendent que des qualités d'eau que seul le Rio Guapay pourrait fournir. Ces lessivages, qui rendraient habitables de si grandes surfaces, sont à peine utiles en France, on perçoit une alcalinisation des marnes en été, cependant les eaux d'irrigation de la Crau deviennent alcalines à Entressen. Dans le Rouergue le chêne remplace le châtaignier sur les filons de roches volcaniques,

M. Dauzère, auteur d'une théorie ([1]) des points de chute de la foudre basée sur l'ionisation de l'atmosphère, a signalé la fréquence des points de chute sur les lignes de contact où d'après nos observations, il circule des solutions conductrices, il peut y avoir d'ailleurs des points particuliers, comme les gneiss grenatifères à auréole pléochroïque d'hélium d'Aurifeuille près Dournets ([2]). A un autre point de vue on peut rattacher à nos observations les expériences de M. Truffaut, le courant de 0,1 mA/cm^2, appliqué à des végétaux dans un sens contraire à celui de la sève, abaisse le pH des parties végétatives de la plante ([3]).

Le pH, de même que la température, se présente dans les régions de steppes comme une fonction qui peut atteindre des valeurs limites tout à fait distinctes des autres facteurs à caractère additif.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des antioxygènes, du bleu de méthylène et du dinitrophénol sur la croissance, la composition et le rendement énergétique du* Sterigmatocystis nigra. Note de MM. **Robert Bonnet** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. M. Molliard.

Le rendement énergétique brut s'obtient à partir de la formule de Tangl :

$$R = \frac{U'}{E - U}$$

dans laquelle U' représente l'énergie totale emmagasinée dans l'organisme formé (mycélium), E l'énergie représentée par les aliments à l'état initial (glucose), U l'énergie demeurée dans la partie alimentaire non consommée et les résidus (milieu nutritif après culture). Le rendement énergétique brut rend compte de la totalité des dépenses au cours de la croissance ; il est en réalité la résultante de deux phénomènes additifs : la dépense liée au développement (élévation du potentiel chimique, énergie de structure, épictèse) et la dépense respiratoire correspondant à l'entretien de l'organisme déjà formé. Nous avons pensé qu'il y aurait quelque possibilité de dissocier les deux phénomènes, en introduisant dans le milieu de culture des corps susceptibles d'influencer le mécanisme respiratoire sans entraver la croissance et par là même susceptibles de faire varier le rendement éner-

([1]) Dauzère, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1565 et 1744.
([2]) *Carte géologique*, Feuille **207** (Rodez).
([3]) Truffaut, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1363.

gétique brut et de nous donner une approximation du rendement énergétique réel. Notre étude a porté sur trois catégories de substances : les antioxygènes, type Moureu et Dufraisse, corps qui empêchent la fixation d'oxygène libre; le bleu de méthylène, accepteur d'hydrogène et le thermol, dinitrophénol-1.2.4, catalyseur d'oxydation. Le milieu nutritif (50^{cm^3} par culture) est une solution de Czapeck contenant 3 pour 100 de glucose et 0,5 pour 100 de $SO^4(NH^4)^2$, on y ajoute les doses croissantes des corps à étudier. Les expériences ont lieu à 37° C. et ont la même durée dans tous les cas (48 heures).

Témoins sur glucose seul (16 expériences) :

Poids sec du mycélium..........................	$0^g,47$
Chaleur de combustion par gramme sec de mycélium.	$4^{cal},80$
Rendement énergétique brut....................	$0^{cal},58$

Antioxygènes : 1. *Hydroquinone* (18 expériences). — L'adjonction d'une quantité d'hydroquinone variant de $0^g,005$ à $0^g,100$ n'influence aucunement la vitesse de croissance ni la composition du microorganisme : le R. E. est très légèrement supérieur à celui qu'on obtient sur glucose seul ($0^g,60$). De $0^g,100$ à $0^g,400$ d'hydroquinone, la vitesse se maintient constante, mais le R. E. baisse régulièrement de $0^g,59$ à $0^g,46$. Pour une concentration de $0^g,500$ le poids de récolte tombe à $0^g,17$ et le R. E. à $0^g,40$; à une dose de $0^g,600$ il n'y a plus de développement. Dans tous les cas, la chaleur de combustion par gramme sec, qui représente en gros la composition du mycélium, est constante et identique à celle des témoins sur glucose.

2. *Pyrogallol* (16 expériences). — La vitesse de croissance et la chaleur de combustion du mycélium se maintiennent constantes et normales pour des concentrations d'acide pyrogallique allant de $0^g,005$ à $0^g,600$. Le R. E. est normal jusqu'à $0^g,05$, au delà il baisse régulièrement jusqu'à $0^g,48$ pour $0^g,600$ de pyrogallol.

3. *Tétraphénylrubène* (4 expériences). — A des concentrations variant de $0^g,005$ à $0^g,010$ (limite de solubilité), aucune influence sur la vitesse de croissance, ni sur la composition de l'organisme, ni sur le R. E.

4. *Phloroglucine* (13 expériences). — Nous avons étudié ce phénol, qui ne compte pas comme antioxygène, par comparaison avec l'hydroquinone. La vitesse, la chaleur de combustion, le R. E. sont rigoureusement constants pour des concentrations passant de $0^g,05$ à $0^g,7$.

Bleu de méthylène (9 expériences). — A des doses variant de $0^g,005$ à $0^g,600$, la vitesse de croissance et la composition du mycélium demeurent identiques et normales. Jusqu'à $0^g,400$, le rendement énergétique est nettement supérieur à celui du glucose ($0^g,64$ pour une concentration de $0^g,050$); à la concentration de $0^g,600$ il tombe à $0^g,54$.

Thermol. — A la plus petite concentration $0^{mg},04$, le R. E. est inférieur à celui des témoins sur glucose (0,53); vitesse et composition sont normales. De $0^{mg},4$ à $0^{mg},20$, la vitesse est notablement diminuée (le poids sec du mycélium tombe aux environs

de $0^g,3$), le R. E. baisse et se maintient autour de $0^g,50$. A la dose de $0^{mg},4$, il y a une très légère germination, mais la récolte est impossible; à $0^{mg},8$, il n'y a plus aucun développement.

Contrairement à notre attente, nous n'avons pu dissocier le phénomène respiratoire de l'ensemble des phénomènes de synthèse. Sauf à des doses élevées et susceptibles d'être considérées comme toxiques, les corps étudiés n'ont en rien changé le processus global de la croissance. Il faut néanmoins retenir la légère action favorisante du bleu de méthylène et la diminution du R. E. qui accompagne l'introduction du thermol. Notre étude actuelle s'attache à cette constatation. Nous pouvons cependant prévoir dès maintenant le peu d'importance des oxydations à partir de O^2 libre (type oxydases) dans le développement du *Sterigmatocystis* puisque des corps comme les antioxygènes, le bleu de méthylène, le thermol, dont l'action sur les phénomènes respiratoires et les oxydations a été démontrée par nombre d'auteurs, ne l'entrave en rien et n'ont aucune influence sur le R. E. brut.

HISTOLOGIE. — *Cellules sympathicotropes et cellules de la thèque interne dans l'ovaire fœtal humain.* Note de M. **Louis Berger**, présentée par M. Ch. Achard.

Je crois avoir pu [1] mettre en évidence et confirmer l'existence d'une espèce cellulaire nouvelle dans le hile de l'ovaire de la femme et de la fillette. Ces cellules, que j'ai appelées *sympathicotropes*, sont caractérisées, à part leur aspect et un chimisme particuliers, par leurs relations intimes et régulières avec les nerfs. J'ai pu montrer qu'elles n'ont rien de commun avec le tissu phéochrome ou paraganglionnaire, avec lequel certains auteurs ont voulu les confondre. Elles ont par contre le même aspect et le même chimisme que les cellules de Leydig du testicule. En examinant cet organe, j'ai constaté que la glande interstitielle n'était pas limitée au parenchyme séminipare, mais qu'elle s'étendait en dehors dans l'albuginée et surtout dans le hile et le long du cordon. Or, en dehors du parenchyme testiculaire propre, ces cellules sont toujours situées dans des nerfs ou à leur contact immédiat. Elles se comportent par conséquent comme les cellules sympathicotropes de l'ovaire. La cytologie des cellules étant la

---

(1) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 907.

même dans les deux sexes j'ai conclu que l'ensemble des cellules sympathicotropes de l'ovaire était l'homologie stricte des cellules de Leydig extraparenchymateuses. J'ai cru devoir tenir compte des relations nerveuses régulières de ces cellules en les désignant par le nom de sympathicotropes et voir dans ces relations l'expression d'une synergie d'ordre neurocrine (¹).

Il était cependant étonnant que dans l'ovaire de l'enfant et de la femme ne se trouvait que l'équivalent de la partie extratesticulaire des cellules de Leydig. Bien que les relations nerveuses de ces cellules soient surprenantes, il était cependant relativement facile d'expliquer leur présence chez l'homme, puisque sur des coupes sériées j'ai montré leur continuation directe avec les cellules de Leydig intertubulaires, sans toutefois pouvoir décider s'il s'agissait d'un phénomène de migration ou d'une naissance simultanée aux différents endroits. Dans l'ovaire je ne pouvais pas expliquer la raison d'être des cellules sympathicotropes. Je n'avais pas cru pouvoir accepter la manière de voir de A. Kohn (²), le classique des paraganglions, qui a contrôlé et entièrement confirmé mes résultats, notamment en ce qui concerne la différence entre les cellules sympathicotropes et phéochromes, et qui les considère dans l'ovaire comme des éléments hétérosexuels. Je n'avais cependant guère d'arguments à l'appui de ce refus.

En étudiant des ovaires humains avant la naissance, j'ai observé des faits nouveaux. Ceux-ci furent particulièrement nets dans les ovaires d'un prématuré de 7 mois et demi, né de mère diabétique. Je les prendrai ici comme exemple, mais dans d'autres ovaires fœtaux les images, pour être moins abondantes et moins démonstratives, n'en étaient pas moins du même ordre.

Le parenchyme propre de ces ovaires est essentiellement composé d'une multitude de follicules primitifs de de Graaff, tassés les uns contre les autres. Les follicules forment une nappe épaisse de 2 à 3^{mm} environ. Dans sa partie profonde il y a plusieurs follicules atrésiques, solides ou kystiques, qui sont entourés d'une large thèque interne à cellules volumineuses. L'hyperplasie thécale est très prononcée, de sorte que les follicules arrivent le plus souvent au contact immédiat du tissu conjonctivo-vasculaire du hile de l'ovaire ou y font même parfois légèrement saillie. Dans ce tissu et dans

(¹) Louis Berger et P. Masson, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1748.
(²) *Endokrinol* (allem.), 1928.

celui du mésovaire, il y a de nombreux nerfs. L'un d'eux, d'une épaisseur relativement assez considérable, chemine parallèlement au grand axe de l'ovaire et envoie des branches vers le parenchyme ovarien. Tous ces nerfs, sans exception, sont abondamment parsemés ou parfois flanqués de volumineuses cellules qui ont tous les caractères de cellules sympathicotropes. L'application des méthodes de colorations les plus variées montre *qu'elles sont identiques aux cellules hyperplasiques des thèques internes;* elles présentent un certain degré de polymorphisme que l'on trouve également dans les thèques. Rien ne permet de les considérer comme phéochromes.

En suivant sur des coupes sériées les parcours des filets nerveux, on constate que des nerfs arrivent souvent au contact immédiat des thèques internes des follicules atrésiques et que quelques-uns pénètrent même dans leur zone périphérique. Au contact des thèques, les filets semblent s'épanouir, car l'imprégnation argentique met de nombreuses fibres nerveuses en évidence dans la thèque externe. En plusieurs endroits, où des filets nerveux abordent le massif des thèques, j'ai pu observer la *continuation directe de cellules thécales à l'intérieur des nerfs*. Rien ne les distingue alors des cellules sympathicotropes dans les nerfs plus éloignés. Les images sont exactement superposables à celles que j'ai décrites dans le testicule et qui montrent la continuation des cellules de Leydig intertubulaires dans les nerfs de l'albuginée, du hile et du cordon.

Conclusions. — Dans l'ovaire fœtal humain, les cellules hyperplasiques de la thèque interne des follicules en atrésie se continuent directement dans les nerfs qui abordent les follicules ou qui se ramifient à leur contact. Il n'y a aucune différence morphologique entre les cellules thécales proprement dites et les cellules intranerveuses que j'ai appelées sympathicotropes. Celles-ci représentent par conséquent la continuation intranerveuse de cellules thécales en dehors du parenchyme propre de l'ovaire. Elles sont les homologues des cellules sympathicotropes du sexe mâle, qui représentent la continuation de cellules de Leydig en dehors du parenchyme propre du testicule. Les cellules thécales manifestent par conséquent un neurotropisme dans lequel je vois un nouvel exemple de synergie endocrinonerveuse ou de neurocrinie. Il serait toutefois prématuré de généraliser ces résultats à l'ovaire adulte.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Sur les facteurs de la multiplication cellulaire.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

I. Dans nos recherches sur le glutathion, nous avons constaté la présence de cette substance sur le chondriome des types cellulaires les plus variés du règne animal et du règne végétal, aux diverses étapes de la vie cellulaire. Nous en avons conclu, en 1927, que la qualité du chondriome d'être le support du glutathion avait un caractère général. Les résultats de Giroud et Bulliard ont apporté une confirmation à cette donnée. Depuis que notre conclusion a été formulée, des résultats très importants ont été acquis dans les recherches physiologiques sur le glutathion. Il convient de tenir compte de ces résultats.

Dès 1929, Hammett a montré l'influence du groupement — SH sur la multiplication cellulaire. Hammett et ses collaborateurs (1929-1934) ont envisagé le rôle du glutathion chez les animaux et les végétaux et dans les circonstances les plus variées de la multiplication cellulaire (croissance, greffe, régénération, tumeurs, etc.).

Leurs conclusions, confirmées par les résultats des recherches de divers auteurs, peuvent se résumer ainsi : le glutathion réduit (plus généralement le groupe — SH) est un stimulant essentiel et spécifique de la division cellulaire. Si nous essayons de nous représenter le mécanisme suivant lequel peut s'accomplir la stimulation dont parle Hammett, nous sommes amené à dire, d'après les résultats de nos études cytologiques : *Le glutathion est un facteur indispensable de la croissance parce qu'il participe à la genèse d'un constituant essentiel des cellules vivantes animales et végétales; ce constituant est le chondriome.*

II. Dans tout ce qui va suivre le terme vitamine A est pris dans son sens général (vitamine et provitamine). La vitamine A est également un facteur de croissance. Ce facteur a été l'objet de recherches d'ordre physiologique et d'ordre cytologique; mais ici, contrairement à ce que nous avons vu pour le glutathion, les résultats physiologiques ont précédé les résultats cytologiques. Le rapprochement de ces deux catégories de résultats est également très suggestif.

Les recherches physiologiques montrent que la vitamine A intervient dans la croissance parce qu'elle est un facteur indispensable de la multipli-

cation cellulaire. Nous nous sommes demandé si l'intervention de la vitamine A dans la multiplication cellulaire était due à sa participation à la genèse de l'un des constituants essentiels de la cellule. Étant donné le rôle du noyau dans la division de la cellule nous avons tout d'abord cherché à déceler la vitamine A dans le noyau. En dehors d'une exception au sujet du nucléole, exception qui semble d'ailleurs la conséquence des rapports qui existent entre le chondriome et le nucléole, nous n'avons pas trouvé de vitamine A dans les noyaux des types cellulaires les plus variés du règne animal et du règne végétal.

Dans toutes les cellules étudiées, nous avons constaté la présence de la vitamine A sur les éléments du chondriome et, dans presque tous les types cellulaires, sa localisation, en ce qui concerne le cytoplasme, est très nettement limitée à ces éléments. Pour le glutathion, au contraire, la localisation cytoplasmique sur les éléments du chondriome n'est jamais si rigoureuse, car les réactifs décèlent des traces de glutathion au voisinage des chondriosomes. Nous pouvons formuler au sujet de la vitamine A une conclusion analogue à celle indiquée plus haut pour le glutathion : *La vitamine* A *est un facteur indispensable de la croissance des tissus, parce qu'elle participe à la genèse d'un constituant essentiel des cellules*; *ce constituant est le chondriome*.

III. La multiplication cellulaire, dans ses diverses modalités : croissance, reproduction, régénération, greffe, prolifération des tumeurs, se trouve en corrélation avec la genèse de nouveaux éléments du chondriome. La nutrition doit assurer aux cellules qui se multiplient l'apport du matériel glutathion et vitamine A nécessaire à l'édification de nouveaux chondriosomes. Toute perturbation dans l'état de ce matériel est en corrélation avec une perturbation dans la multiplication cellulaire. La formule « état du matériel » doit être prise dans son sens le plus général. Il conviendra de considérer dans les recherches sur la multiplication cellulaire : croissance, reproduction, régénération, greffe, culture des tissus, prolifération des tumeurs, non seulement l'état chimique et les masses respectives du glutathion et de la vitamine A dont les cellules disposent, mais aussi le rapport entre ces états chimiques et ces masses, car la participation des deux facteurs, glutathion et vitamine, à la genèse du même constituant chondriome établit entre eux des rapports que nous ne devons pas négliger.

Parmi les nombreux problèmes que soulève l'hypothèse de travail que

nous venons de formuler on peut noter le suivant : Quelle est la nature des rapports qui existent entre l'état du système glutathion + vitamine A et la genèse ou l'évolution des cellules cancéreuses ?

PHYSIOLOGIE. — *La synthèse des substances créatiniques (créatinine et créatine) au cours de l'inanition protéique*. Note de Mlle **Gilberte Mourot**, présentée par M. d'Arsonval.

La preuve d'une synthèse créatinique, sans distinction entre créatine et créatinine, aux dépens des protéines tissulaires a été administrée par G. Pariset : soumettant, jusqu'à ce que la mort s'ensuive, des lapins à l'inanition totale, cet auteur montre que la quantité de corps créatiniques rejetée dans ces conditions est toujours supérieure à celle qui, dans le même temps, a disparu de l'organisme inanitié.

Toutefois, la synthèse mise ainsi en évidence est de peu d'importance, peut-être parce que la mort par inanition survient rapidement, sans avoir laissé se poursuivre une dégradation azotée suffisante. Aussi, avons-nous été amenée, par la considération des grandeurs comparées de la synthèse purique lors d'inanition totale et lors d'inanition protéique, à penser pouvoir, à l'aide de l'inanition protéique, faire mieux ressortir la réalité de la synthèse créatinique dans les processus de dégradation des albumines tissulaires.

Qu'il y ait synthèse créatinique au cours de la dégradation azotée qu'entraîne l'inanition protéique, cela semble bien être nécessaire, et Terroine a maintes fois insisté sur les raisons de cette nécessité : en effet, le régime qui met un organisme au niveau de sa dépense azotée minima donne au rapport [(N créatinine + N créatine) urinaires/N total urinaire] la valeur élevée de 10 à 12 pour 100, cependant que le rapport (N créatinine + N créatine/N total) pour l'organisme entier normal n'est que de 2 pour 100 environ, et reste à ce taux pendant l'inanition protéique, tout au moins pour un rat, après 14 jours d'inanition protéique. Quelle soit plus grande que dans l'inanition totale, il est permis de l'affirmer *a priori* et pour deux raisons : elle doit l'être à intensité de dégradation azotée égale, car dans l'inanition totale, le rapport (N créatinique total/N total) urinaire ne dépasse pas 4 à 5 pour 100; enfin, lorsqu'elles sont poursuivies

jusqu'à la mort, l'inanition protéique permet une dégradation azotée totale plus grande que ne le peut faire l'inanition totale.

Il était encore intéressant de s'adresser à l'inanition protéique, car il n'est pas interdit de penser que dans les deux types d'inanition, les choses ne se passent pas d'identique manière : en effet, alors que, dans l'inanition totale, la créatine urinaire égale ou surpasse la créatinine, c'est, dans l'inanition protéique, presque à la seule créatinine qu'il revient de représenter les corps créatiniques dans l'urine.

Nous avons donc, à l'aide du procédé déjà utilisé par nous ([1]) pour la mise en évidence de la synthèse purique, cherché à montrer que les corps créatiniques qui prennent naissance et sont rejetés lors de la dégradation azotée minima ne peuvent tirer en totalité leur origine de la créatine des tissus. Pour cela, nous avons comparé, d'une part, la quantité de corps créatiniques vraisemblablement contenue dans un organisme normal au moment où il va être soumis à une inanition protéique qui sera prolongée jusqu'à la mort; d'autre part, la somme des corps créatiniques rejetés pendant cette inanition et de ceux présents dans le sujet au moment de sa mort.

Rats normaux.

N créatinique total contenu dans — l'animal (mg).	119	114	148	139	165	167	174	195	223
N créatinique total contenu dans — 100g d'animal.	84	78	84	75	78	76	74	76	81
Poids de l'animal (g)............	141	145	176	185	210	220	235	256	274

Teneurs extrêmes : 74-84mg dans 100g frais.

Rats soumis à l'inanition protéique.

Poids initial-final.	Durée de survie (jours).	N créatinique initial vraisemblable.	N créatinique du sujet mort.	N créatinique total rejeté: N créatine.	N créatinine.	Total.	N créatinique retrouvé total.	Synthèse créatinique.
g g	j	mg mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg mg
325-196	51	240-273	140	231	37	268	408	168-135
325-157	60	240-273	122	250	74	324	446	206-173
307-143	70	227-258	97	250	90	340	437	210-179
300-146	62	222-251	96	247	70	318	414	192-162

Des faits ci-dessus rapportés peuvent se dégager les conclusions suivantes :

1° Au cours de l'inanition protéique, l'existence d'une synthèse créati-

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1424.

nique est indéniable; son importance est telle que la quantité des produits ainsi formés est égale, environ, aux 3/4 de celle initialement contenue dans le sujet normal.

2° La créatine disparue de l'organisme ne se retrouve pas toute dans l'urine; elle a pu se transformer en créatinine.

3° La synthèse créatinique se traduit essentiellement, tout le long de l'inanition protéique, par un rejet de créatinine; de l'excrétion créatinique totale, la créatine représente à peine le 1/5 ou le 1/4.

4° Le fait qu'une quantité importante de créatinine puisse ainsi, par des processus synthétiques, naître des albumines tissulaires, pose à nouveau les problèmes, et de la nature des corps qui, parmi les constituants des protéines, participent à cette synthèse, et du mode de formation. Il semble difficile de penser à une formation immédiate; on sait, en effet, que le taux de la créatinine urinaire demeure remarquablement constant lorsque le métabolisme protéique s'élève, même dans des proportions considérables, soit au cours de l'inanition, soit avec un régime alimentaire très riche en protéines. Ne peut-on penser à une régénération continue de la créatine des tissus dont la créatinine serait la forme usée? C'est ce que nous demandons à nos études actuelles.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *C. Matignon* :

En première ligne.............	M. **Paul Lebeau**.
En seconde ligne..............	M. **Robert Lespieau**.
En troisième ligne ex æquo *par ordre alphabétique*...............	MM. **Edmond Blaise**, **Marcel Sommelet**, **Marc Tiffeneau**, **André Wahl**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 15 octobre 1934.)

Note de M. *Adrien Davy de Virville*, Sur les principaux types de flaques du littoral atlantique :

Page 735, ligne 11, au lieu de *Fucus vesiculosus*, lire *Fucus serratus*.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Adrien de Gerlache de Gomery**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, survenu à Bruxelles le 4 décembre 1934.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Noël et du Nouvel an, les séances hebdomadaires des 24 et 31 décembre 1934 seront renvoyées aux mercredis 26 décembre 1934 et 2 janvier 1935.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les* quanta *de Planck, et le champ de force atomique*. Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Planck a introduit, il y a plus de 30 ans, dans la théorie statistique du rayonnement noir, l'hypothèse que l'énergie rayonnante de période T ne peut pas être absorbée ou émise en quantité quelconque par un résonateur synchrone; mais que la quantité émise ou absorbée est finie et déterminée : $h.2\pi:T$ (où un petit multiple entier de cette grandeur) en appelant h une grandeur universelle.

A mon avis [1], *cette grandeur devrait apparaître comme une constante fondamentale du champ atomique qui régit les mouvements des électrons et les actions mutuelles des atomes*, au lieu d'être introduite, d'une manière que je trouve artificielle, à côté des lois de Coulomb et de Maxwell. Faisant

---

[1] Voir une première tentative, dans *Le Journal de Physique et le Radium*, 6e série, 3, 1922, p. 65-73.

abstraction, dans cette Note, de tous les travaux issus de cette inspiration, je reprends la question *ab ovo*, et je la traite par les méthodes les plus classiques de la Mécanique rationnelle du XIXe siècle.

2. Problème. — *Trouver le champ de forces centrales tel que, pour chaque trajectoire circulaire centrée d'un électron dans ce champ, la période* T *et l'énergie totale* E *du mouvement soient liées par la loi de Planck*,

$$E = h.2\pi : T.$$

On sait que dans un champ newtonien $M : r^2$, la relation est

$$(E_0 - E)^3 = 2(\pi)^2 M^2 : T^2$$

pour un mobile doué de l'unité de masse; en appelant E_0 la constante inconnue de l'énergie potentielle $E_0 - M/r$. La loi de force cherchée n'est donc pas la loi de Coulomb Mm/r^2.

Le champ circumnucléaire, ou atomique, diffère du champ électrostatique de Coulomb.

3. Soit, par unité de masse passive, $U(r)$ l'énergie potentielle du champ cherché; la force est $-\partial U/\partial r$. Pour que le mouvement soit circulaire sous l'influence de cette seule force, il faut qu'elle soit attractive, c'est-à-dire que $\partial U/\partial r$ soit positif.

Si T est la période du mouvement circulaire uniforme, la vitesse linéaire est $2\pi r : T$, et l'équation du mouvement

$$(1) \qquad \frac{4\pi^2}{T^2} r = \frac{\partial U}{\partial r}.$$

L'énergie totale E, pour un mobile de masse m, est

$$(2) \qquad E = mU + \frac{m}{2} \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}.$$

Je veux, m'inspirant de l'hypothèse quantique de Planck, que l'énergie totale E *du mobile soit égale à* $h.2\pi : T$. Il faut donc que l'énergie potentielle U de l'unité de masse soit déterminée par l'équation

$$(I) \qquad h\sqrt{\frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial r}} = mU + \frac{m}{2} r \frac{\partial U}{\partial r},$$

obtenue en éliminant T entre (1) et (2).

Malgré l'apparence, cette équation s'intègre sans difficulté et donne

$$(II) \qquad +\sqrt{1 - \frac{2m^2}{h^2} U r^2} - \log \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{2m^2}{h^2} U r^2}}{r^2} = \text{const.},$$

où l'on peut remplacer, devant les radicaux, le signe + par le signe —.

4. On ne peut résoudre explicitement l'équation (II), ni en U, ni en r^2. On facilite la discussion en exprimant U et r^2 en fonction d'un paramètre auxiliaire; le meilleur est la période T du mouvement circulaire de l'électron, et la constante d'intégration une période particulière arbitraire convenablement choisie T_1,

$$\text{(III)} \qquad \frac{2\pi m}{h}\frac{r^2}{T_1} = \frac{-T}{T_1}\log\frac{T}{T_1},$$

$$\text{(IV)} \qquad T_1\frac{mU}{2\pi h} = \frac{1}{2}\frac{T_1}{T}\left(2+\log\frac{T}{T_1}\right),$$

$$\text{(V)} \qquad \sqrt{\frac{m}{h}}\left(\frac{T_1}{2\pi}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{\partial U}{\partial r} = \left(\frac{T_1}{T}\right)^{\frac{3}{2}}\sqrt{-\log\frac{T}{T_1}}.$$

Ces trois équations sont écrites, sous forme numérique, entre grandeurs réelles. r^2 et $\partial U/\partial r$ doivent y être positives.

En unités électromagnétiques C. G. S., j'adopte, pour les calculs numériques, charge et masse de l'électron,

$$\varepsilon = 1,591.10^{-20}, \qquad m = 9.10^{-28}; \qquad \text{avec } h = 6,55.10^{-27}.$$

5. *Résultats de la discussion.* — On peut satisfaire à toutes les conditions de deux manières différentes.

1° **Premier domaine quantique compris à l'intérieur d'une sphère de rayon fini autour du centre :**

T.	r.	U.	$\frac{\partial U}{\partial r}$.
0	0	$-\infty$	∞
$\frac{T_1}{e^2} \approx 0,135T_1$.....	$\frac{1}{e}\sqrt{\frac{hT_1}{2\pi m}}$	0	$e^3\sqrt{\frac{h}{m}}\left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}}$
$\frac{T_1}{e} \approx 0,368T_1$.....	$\sqrt{\frac{hT_1}{2\pi m e}}$	$\frac{2\pi h}{m}\frac{e}{2T_1}$	$\sqrt{\frac{h}{m}}\left(\frac{2\pi e}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}}$

(e, base des logarithmes népériens).

Ce sont les électrons centraux qui circulent le plus vite; les électrons périphériques sont les plus lents. Le rayon limite du domaine est $1,086..\sqrt{T_1}$ ($1,086..\sqrt{nT_1}$, s'il y a n quanta).

2° **Deuxième domaine quantique compris à l'intérieur d'une sphère de rayon fini autour du centre.**

T.	r.	U.	$\frac{\partial U}{\partial r}$.
T_1..............	0	$\frac{2\pi h}{m}\frac{1}{T_1}$	0
$\frac{T_1}{e}$...............	$\sqrt{\frac{h}{2\pi m}\frac{T_1}{e}}$	$\frac{2\pi h}{m}\frac{e}{2T_1}$	$\sqrt{\frac{h}{m}}\left(\frac{2\pi e}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}}$

Les périodes décroissent de T_1 au centre, à 0,368 T_1 à la périphérie. L'attraction croît du centre, où elle est nulle, jusqu'à la périphérie. L'énergie potentielle toujours positive, croît du centre à la périphérie.

Le rayon périphérique est le même pour ces deux domaines. En appelant $\lambda_e[=3.10^{10}(T_1 : e)]$ la longueur d'onde périphérique en centimètres, ce rayon est $6,213.10^{-6}\sqrt{\lambda_e}$.

Pour l'infrarouge, $\lambda_e = 10^{-4}$, cela fait $6,2.10^{-8}$ centimètres.

6. Ces deux domaines ont exactement la même étendue géométrique; mais les limites des périodes ainsi que celles de l'énergie potentielle y sont très différentes, et leurs variations avec le rayon sont de sens opposés. On peut choisir l'un ou l'autre de ces domaines comme domaine atomique, et en étudier les propriétés générales. La principale me paraît être la suivante, dont l'étude quantitative semble fort difficile. Les trajectoires non circulaires de l'électron dans le domaine quantique ne se ferment généralement pas. Pour qu'elles se ferment, et possèdent par conséquent une période déterminée, il faut que la constante des aires et la constante de l'énergie satisfassent à une relation déterminée. Il y aura donc pour toute trajectoire fermée deux relations entre la constante des aires, celle de l'énergie et la période, à comparer aux relations de quanta des orbites elliptiques de l'atome de Bohr. Seront-elles aussi bien adaptées aux phénomènes réels?

7. Il est intéressant et facile de rechercher la représentation de ces champs à l'aide d'une distribution de densités électriques obéissant aux lois de Coulomb. Cela fournit l'occasion de se demander comment on peut choisir le champ électrostatique extérieur au rayon maximum du champ quantique. On peut établir la continuité de la force de part et d'autre de la sphère limite; mais alors il y a discontinuité de l'énergie potentielle; le champ quantique serait entouré d'une couche double formant barrière. Si au contraire on admet la continuité de l'énergie potentielle, il y aura discontinuité de la force, et une couche simple périphérique. Pour réaliser la continuité complète, il faudrait adopter pour la constante arbitraire d'énergie du champ électrostatique externe une valeur particulière liée aux dimensions du domaine quantique; peut-être la valeur de cette constante aurait-elle de l'intérêt pour les propriétés moléculaires?

8. Tout ce qui précède se rapporte au cas où l'énergie totale des électrons à trajectoire circulaire correspond à *un* quantum $h.2\pi : T$. Pour le cas de plusieurs quanta, $nh.2\pi : T$, il suffit de remplacer h par nh dans toutes les formules précédentes. On pourrait penser à constituer le domaine quantique

de plusieurs couches correspondant respectivement à 1, 2, 3, ... quanta. Mais la jonction de ces couches le long de la sphère intermédiaire donnera lieu à des difficultés analogues à la prolongation du champ quantique par un champ de Coulomb.

9. Du point de vue purement mathématique, sinon du point de vue physique, il est encore intéressant d'examiner le cas où l'énergie totale est négative ($-h.2\pi : T$ par exemple). Le champ quantique s'étend alors à l'espace entier, du centre à l'infini; la force est nulle au centre, attractive à toute distance, atteint un maximum à distance finie et redevient nulle à l'infini. La période part d'une valeur finie au centre, et croît indéfiniment avec la distance.

10. Tout ce qui précède est traité comme si l'électron était un point matériel de la mécanique rationnelle et fait abstraction de ses propriétés électromagnétiques et rayonnantes. C'est une simplification excessive qu'il importe d'étudier à bref délai. Les questions indiquées ou soulevées ici seront étudiées ailleurs avec détails.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Quelques expériences sur le virus de la fièvre fluviale du Japon (Tsutsugamushi)*. Note de M. **Charles Nicolle** et Mme **Hélène Sparrow**.

La fièvre fluviale du Japon appartient à la famille des fièvres exanthématiques. Elle se distingue des typhus par quelques caractères cliniques, par des réactions sérologiques et surtout par son mode de transmission naturel. Ce ne sont, en effet, ni les poux, ni les puces, ecto-parasites humains, qui la propagent, mais des parasites d'animaux : des tiques. A ce point de vue, elle se classe dans le même groupe que la fièvre boutonneuse de la Méditerranée, le typhus rural de Malaisie et la fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses et du Brésil.

Sa connaissance est due presque entièrement aux travaux des médecins japonais. Grâce à la complaisance de plusieurs confrères, nous avons pu nous procurer une souche de ce virus (souche Chiba) et comparer son action sur les animaux de laboratoire avec celle des virus exanthématiques dont l'étude nous est familière.

L'intérêt principal de cette Note est qu'elle traite d'un virus à peu près inconnu dans les laboratoires d'Occident. Nous avons relevé, en outre, quelques faits particuliers d'intérêt général ou technique.

Entretien du virus. — Le virus qui nous a été remis était entretenu depuis longtemps, semble-t-il, sur lapins. Il a fait, à partir de son départ de Tokio, les passages suivants : 1° en cours de traversée : Lapin-Lapin-Lapin-Rat; 2° à l'Institut Pasteur de Tunis : Singe-Rat-Singe-Rat-Rat-Lapin-Rat-Singe-Rat-Rat, et il continue d'être entretenu sur rats. Les passages se font aisément par voie sous-cutanée avec un mélange du sang et de la rate de ces animaux.

Maladie expérimentale. — *Singes.* — Sur onze singes, dix ont présenté une maladie fébrile. La fièvre, voisine de celle des typhus expérimentaux, se montre après une incubation de 4 à 11 jours, en général de 7 à 9 jours. Sa durée varie de 2 à 11 jours. Les fièvres les plus longues ne sont pas les plus sévères. Les maximums observés ont été de 40° à 41°,4. A la suite de la fièvre, se montre souvent une période d'hypothermie passagère. Un seul singe est mort, précisément dans cette période.

Rats. — La maladie chez le rat est *inapparente*. L'absence de tout symptôme, en particulier de la fièvre, la rend cliniquement inconnaissable.

Cobayes. — Certains présentent une fièvre plus ou moins nette à la suite d'une incubation qui peut atteindre deux semaines.

Lapins. — Inoculés sous la peau ou dans le péritoine : aucune fièvre, virulence du sang. — Inoculés dans la chambre antérieure de l'œil (méthode diagnostique des japonais) : réaction locale et multiplication des agents pathogènes (rickettsia), sous condition, dans nos expériences, que le produit inoculé soit assez virulent (membrane de Descemet de l'œil du lapin, sang du singe, mais non sang du rat).

Réactions sérologiques. — La réaction de Weil-Felix est toujours négative avec le sang des lapins infectés, quelle que soit la souche de *B. proteus* utilisée.

Le sang des singes infectés agglutine plus souvent le *B. proteus* K (Kingsbury) de Malaisie et à un titre plus élevé que le *B. proteus* OX 19, utilisé communément pour le diagnostic des typhus; toutefois, il se rencontre des cas inverses. Nous avons noté comme taux maximum 160 sur OX 19 (trois fois) et, sur K, 160 (trois fois), 320 (deux) et 1200 (deux fois).

Le sang des rats n'agglutine jamais OX 19. Avec la souche K, nous avons observé, sur 18 examens de sang de rats infectés, des pouvoirs agglutinants de 320 (une fois), 80 (trois), 40 (dix), 20 (deux) et nuls (deux). Par analogie avec ce qui est connu des typhus, seuls des pouvoirs de 80 ou supérieurs ont une valeur diagnostique. La réaction de Weil-Felix s'est donc montrée

positive 4 fois sur 18 essais. Elle est, comme chez le singe, souvent tardive (12e à 20e jour de l'inoculation).

LONGUE PERSISTANCE DU VIRUS CHEZ LES ANIMAUX INFECTÉS. — Nous avons noté la persistance du virus jusqu'au 30e jour de l'inoculation dans la rate du rat infecté. Il résulte de cette constatation qu'il est nécessaire de laisser, sous peine d'erreur, s'écouler un temps suffisant (deux mois) entre l'expérience que l'on désire juger et l'inoculation d'épreuve qui la jugera.

IMMUNITÉ CROISÉE AVEC LES TYPHUS. — Nous avons confirmé que le virus fluvial ne vaccine pas contre le virus du typhus historique (souche tunisienne, souche chinoise).

ESSAIS DE TRANSMISSION PAR LES POUX ET PAR LES PUCES. — 1° *Par les poux*. — Nous avons noté la persistance du virus fluvial chez le pou pendant 7 jours et l'innocuité des piqûres de l'insecte.

2° *Par les puces* (*Pulex cheopis*). — Le virus fluvial se conserve 11 jours au moins chez la puce; il est transmissible par sa piqûre. Cette constatation montre que l'étude du virus fluvial offre un danger de contamination pour le personnel des laboratoires et pour les animaux d'expériences neufs ou utilisés dans d'autres buts. On devra s'efforcer de pallier à ce danger possible.

PROGRÈS A ACCOMPLIR EN TECHNIQUE. — L'entretien indéfini du virus fluvial sur le rat est rendu délicat par le caractère inapparent de la maladie chez cet animal. Il est nécessaire, sous peine de perdre le virus, de contrôler de temps en temps l'infection du rat en faisant un passage sur un animal visiblement sensible (singe). Il serait très utile de substituer au rat un animal commun chez qui la maladie soit apparente [1]. Le même résultat serait obtenu si l'on découvrait un procédé permettant de mettre en évidence l'infection du rat au cours de son évolution. Le sang des rats n'a point été, dans nos expériences, assez actif pour déterminer la multiplication des rickettsias dans l'œil du lapin, réaction dont les auteurs japonais ont établi la valeur diagnostique.

---

[1] Les auteurs japonais utilisent pour l'entretien du virus le lapin et ils pratiquent les passages d'œil à œil ou de testicule à testicule. La multiplication locale des rickettsias les renseigne sur la permanence du virus.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Action de l'acide carbonique sur l'extension de l'ovalbumine à la surface de l'eau, et variations de l'épaisseur de ces lames en couches monomoléculaires.* Note [1] de M. **H. Devaux**.

On sait que, lorsqu'on dépose une goutte d'une solution de blanc d'œuf à la surface de l'eau, l'albumine s'étend en une lame très mince et se coagule en même temps [2].

Ce beau phénomène, que j'ai découvert en 1903, est calqué sur ce qui se passe pour une gouttelette d'huile, sauf en ce qui concerne la solidification finale. Dans les deux cas il donne une lame monomoléculaire [3]. Toutefois, tandis que pour l'huile l'extension est constante, elle ne l'est pas pour l'albumine, de sorte que l'épaisseur finale d'un voile de blanc d'œuf n'est pas nettement définie. Dans mes premiers essais, j'évaluai cette épaisseur entre 2 et $10^{m\mu}$.

J'ai eu récemment l'occasion de refaire des études sur le blanc d'œuf, j'ai de nouveau observé les variations singulières que présente son extension et j'ai étudié les causes de ces variations en m'efforçant de les éviter.

Averti par des essais préalables, j'ai décidé de n'employer qu'une cuvette très plate où l'eau ne peut atteindre que 3 à 4^{mm} de hauteur, pour que l'albumine dissoute puisse diffuser très vite vers la surface. J'évite absolument l'emploi du papier, car il apporte toujours des impuretés : la surface liquide est balayée par des bandes d'étain qui servent, aussi, de barrières mobiles. Les solutions de blanc d'œuf, titrées entre 1/100e et 1/1000e, s'écoulaient régulièrement et lentement d'un compte-goutte calibré, et je ne me servais que de la sixième goutte, car c'est alors, seulement, que la teneur en albumine devient constante.

Or, malgré ces précautions, des variations inexplicables se produisaient encore dans l'extension. Parfois, une goutte à 1/100e, par exemple, donnait une extension rapide et considérable. D'autres fois, une goutte de la même solution ne donnait qu'une extension de 2 à 4^{cm^2}, arrivant même à être douteuse. Ces variations se produisaient non seulement d'un jour à l'autre,

---

(1) Séance du 3 décembre 1934.

(2) *Procès-Verbaux* [*Soc. Sci. Phys. et Nat. de Bordeaux*, séance du 19 novembre 1903, p. 3, et séance du 3 décembre 1903, p. 9.

(3) *Ibid.*, séance du 14 avril 1904, p. 76; *Bulletin Soc. franç. de Phys.*, séance du 18 mars 1904, p. 24 à 27; *Journal de Physique*, 3, 1904, p. 450.

mais d'un moment à l'autre, et même simultanément pour deux gouttes mises ensemble en deux points différents de la même cuvette : l'une s'étendait très bien, l'autre très mal ou pas du tout.

Par un artifice expérimental, il est possible, pourtant, d'arriver à obtenir une extension d'un voile paresseux; il suffit de balayer le point qu'il occupe au moyen d'un courant d'air envoyé verticalement avec la bouche. Le talc est alors fortement écarté, et, quand on cesse le souffle, on constate, par rétrécissement artificiel, que l'albumine est venue tout entière à la surface et y forme un grand voile élastique.

La première idée qui vient à l'esprit, pour expliquer ce résultat favorable, est que le souffle agit d'une manière mécanique, il amène l'albumine dissoute à la surface et elle y reste. Cela est exact, mais une part essentielle revient aussi à l'acide carbonique contenu dans l'haleine, car on obtient le même effet par un souffle de très faible vitesse, obtenu en ouvrant largement la bouche au-dessus du voile. Le même effet, plus accentué, est produit par un courant de CO^2 pur amené lentement par un large orifice, ou encore par les vapeurs acides émises par le bouchon d'un flacon à acide chlorhydrique, Dans tous ces cas, l'extension devient rapide et donne des cercles très étendus.

Je m'expliquai dès lors un fait singulier; c'est que, lorsqu'il y avait deux voiles paresseux simultanément, dans la même cuvette, c'était toujours le voile le plus rapproché de l'expérimentateur qui arrivait à une forte extension. C'est que l'observateur, penché sur la cuvette, envoyait, sans y songer, du CO^2 sur ce voile plus rapproché de lui.

Ce fait intéressant montre à la fois la sensibilité des voiles d'albumine et les précautions à prendre pour étudier leur formation.

A la suite de ces observations, j'ai pris la précaution d'acidifier l'eau de la cuvette sur laquelle j'expérimentais. Même avec un acide très dilué (sol. $N.10^{-4}$ de SO^4H^2) ou très faible (CO^2), l'extension de toute solution de blanc d'œuf devient excellente et régulière. Elle aboutit à une épaisseur constante pour une même eau acidulée, mais *variable avec le degré d'acidité de cette eau*. J'ai trouvé par exemple une épaisseur de $1^{m\mu},54$ (approximation 1/5) sur une eau incomplètement saturée de CO^2, et $0^{m\mu},91$ (approximation 1/6) sur une eau saturée à la pression atmosphérique. Jamais encore je n'avais obtenu des lames d'albumine aussi minces.

En examinant la bibliographie du sujet, j'ai trouvé les beaux travaux de Coster et de ses collaborateurs, publiés en 1932, qui expliquent et

précisent les résultats que j'ai obtenus ([1]). Ces auteurs ont étudié, en particulier, l'action des ions sur la formation des lames de caséine, d'ovalbumine etc. — Ils ont reconnu une action considérable des ions acides, de sorte que, pour un pH compris entre 4 et 5,5, on obtient des lames d'ovalbumine n'ayant que $0^{m\mu},9$ d'épaisseur. Mais, de part et d'autre de cette valeur spéciale du pH, qui correspond au point isoélectrique de l'ovalbumine, l'extensibilité baisse considérablement et n'aboutit, à la fin, qu'à des épaisseurs de 75 à $80^{m\mu}$ pour pH 2 à 3 et pH 6 à 7.

Je tire ces indications de la courbe elle-même.

Conclusions. — 1° La question des variations singulières que présente l'expansion de l'albumine sur l'eau pure est donc résolue. Elles sont dues aux variations du pH de l'eau sur laquelle a été déposée l'albumine.

2° L'haleine de l'observateur suffit à modifier assez fortement le pH superficiel de l'eau pure pour déterminer une extension dans les cas où celle-ci ne se déclenche pas. Il faudra donc toujours se méfier du CO^2 de l'haleine dans les expériences un peu précises que l'on voudra effectuer sur les lames minces, spécialement dans le cas des matières protéiques.

3° Mais, d'autre part, il est certain qu'on peut avoir des lames d'ovalbumine *vraiment monomoléculaires* qui présentent, selon le pH, des épaisseurs variant de 0,9 à $8^{m\mu}$. Si ces variations d'épaisseur sont dues à de simples changements d'orientation, la molécule de cette albumine aurait des diamètres très inégaux; elle aurait, dans une certaine direction, à peu près l'épaisseur d'une molécule d'huile, ou même uu peu moins.

M. Léon Guillet fait hommage à l'Académie du Tome II du Traité qu'il vient de publier sur *La Cémentation*.

Ce Tome II traite de la généralisation de la cémentation et examine successivement, tant du point de vue théorique que du point de vue industriel, les opérations de shérardisation (cémentation par le zinc), de calorisation (cémentation par l'aluminium), de nitruration (cémentation par l'azote) et différentes autres opérations de cémentation proprement dite, ainsi que les méthodes de préparation de la fonte malléable.

M. Auguste Lumière fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *La Renaissance de la Médecine Humorale*.

([1]) *Proc. Von. Acad. Amsterdam*, 35, 1932, p. 838; *Kolloïd Z.*, 58, 1932, p. 257, et **61**, 1932, p. 246.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Chimie en remplacement de M. *C. Matignon* décédé.

Le nombre de votants étant 58,

M. Robert Lespieau obtient	....	35 suffrages
M. Paul Lebeau »	....	21 »
M. Marc Tiffeneau »	....	1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Robert Lespieau**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PLIS CACHETÉS.

M. **Lazard Akar** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 30 octobre 1933 et enregistré sous le n° 10793.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la description d'un *Dispositif mécanique permettant d'obtenir à partir d'un angle donné tel ou tel sous-multiple de cet angle.*

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

M. **J. Cayrel** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 5 février 1934 et enregistré sous le n° 10840.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note *Sur une méthode permettant d'étudier séparément la rectification des deux contacts d'un redresseur et d'éliminer rigoureusement la rectification de l'un d'entre eux. Application à la localisation de la rectification* β *des détecteurs à sulfure de cuivre.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Académie des Sciences de l'Institut de France*, par Pierre Gauja, secrétaire-rédacteur de cette académie.

2° Association internationale de la Science du sol. *Comptes rendus de la Conférence de la première Commission* (*Physique du sol*). (Transmise par le Ministère de l'Agriculture.)

M. **Henri Colin** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Botanique par la mort de M. *H. Lecomte*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une représentation nouvelle des corrélations continues.* Note (¹) de M. **Henri Eyraud**, présentée par M. Hadamard.

Soient x et y deux grandeurs ou caractères aléatoires continus dont nous désignerons par u et v les fonctions de probabilités totales. Admettons encore qu'on puisse représenter par

$$\mu(u, v)\,du\,dv \tag{1}$$

la probabilité que x et y soient placés dans les intervalles de probabilités du et dv. La fonction de corrélation $\mu(u, v)$ fournit la représentation correcte de la relation de dépendance qui relie les caractères x et y. C'est une fonction de deux variables u et v, définie dans le domaine

$$0 < u < 1, \qquad 0 < v < 1 \tag{2}$$

et vérifiant les conditions

$$\int_0^1 \mu(u, v)\,du = 1, \qquad \int_0^1 \mu(u, v)\,dv = 1. \tag{3}$$

(¹) Séance du 3 décembre 1934.

Les statisticiens trouvent avantageux d'utiliser parfois un coefficient unique comme mesure approximative d'une corrélation à deux caractères aléatoires. Considérons la corrélation que nous appellerons bilinéaire, et que nous considérons comme la plus simple des corrélations continues

$$\lambda(u, v) = 1 + 3h(2u - 1)(2v - 1) \tag{4}$$

parce qu'elle dépend de la connaissance d'un seul coefficient h. Soit μ une fonction de corrélation quelconque, on peut se proposer de déterminer la corrélation bilinéaire qui rend minima l'expression

$$\int_0^1 \int_0^1 (\mu - \lambda)^2 \, du \, dv, \tag{5}$$

c'est-à-dire qui réalise l'ajustement le meilleur de la fonction μ au sens de la méthode des moindres carrés. Le coefficient h ainsi défini sera pris comme coefficient de corrélation pour représenter la dépendance entre x et y. On remarquera que, si l'on développe la fonction μ en série de polynomes de Legendre orthogonaux et normés dans l'intervalle de variation (2), sous la forme

$$\mu(u, v) = 1 + \sum_{rs} a_{rs} P_r(u) P_s(v), \tag{6}$$

les conditions (3) expriment que r et s ne prennent jamais la valeur zéro, et le coefficient h ne diffère pas du coefficient a_{11}. Ce coefficient présente le désavantage de pouvoir s'annuler dans des cas où la fonction de corrélation n'est pas identiquement égale à l'unité, c'est-à-dire dans des cas où il y a dépendance effective entre les caractères x et y. On peut alors définir un autre coefficient par les relations

$$k^2 = \int_0^1 \int_0^1 (\mu - 1)^2 \, du \, dv = \int_0^1 \int_0^1 \mu^2 \, du \, dv - 1 = \sum_{rs} a_{rs}^2. \tag{7}$$

On a d'ailleurs

$$k^2 - h^2 = \int_0^1 \int_0^1 (\mu - \lambda)^2 \, du \, dv, \tag{8}$$

et la connaissance des deux coefficients h et k permet de mesurer la valeur de l'ajustement fourni par la fonction λ. Le procédé de représentation s'étend sans peine aux corrélations multiples. L'analyse qui suit a pour but de préciser le caractère d'une catégorie intéressante de corrélations à deux variables susceptibles de se composer entre elles et de représenter des relations de causalité stochastique.

Soient trois caractères aléatoires x, y, z continus, et soit

$$\omega(u, v, w)\, du\, dv\, dw \tag{9}$$

la probabilité que x, y, z appartiennent aux intervalles de probabilités du, dv, dw respectivement. La corrélation multiple entre les trois caractères est représentée par la fonction ω à trois variables. On peut en déduire les corrélations entre deux quelconques des trois caractères envisagés. Par exemple la corrélation entre x et y sera

$$\mu_3(u, v) = \int_0^1 \omega(u, v, w)\, dw, \tag{10}$$

et de même μ_2 et μ_1 seront les corrélations relatives aux deux autres groupes de variables.

Nous dirons que x et y sont en corrélation *directe* par rapport à z si la corrélation entre x et y reste la même quelle que soit l'éventualité relative au caractère z.

Cette condition se traduit par l'équation

$$\omega(u, v, w) = \int_0^1 \omega(u, v, w)\, du . \int_0^1 \omega(u, v, w)\, dw, \tag{11}$$

d'où l'on peut déduire par intégration la règle de composition des corrélations directes

$$\mu_2(u, w) = \int \mu_1(v, w)\, \mu_3(u, v)\, dv. \tag{12}$$

On peut énoncer alors un principe de causalité généralisé :

Si un caractère x entraîne un caractère y suivant une corrélation μ_3, si d'autre part le caractère y entraîne le caractère z suivant une corrélation μ_1 *indépendante de x*, il en résulte que x entraîne z par une corrélation μ_2 définie par (12).

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des deux facteurs de Spearman.* Note [1] de M. **Georges Darmois**, présentée par M. Émile Borel.

Les équations (I) de la précédente Note [2] ont été interprétées et utilisées de la façon la plus élégante dans le travail cité de E. B. Wilson. Une popu-

---

[1] Séance du 3 décembre 1934.

[2] *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1176.

lation, à condition d'être très nombreuse, peut donner une image suffisante de la loi de probabilité de $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Pour chaque individu numéroté i (de 1 à N), on mesure les x, et la loi de probabilité apparaît comme l'ensemble de n vecteurs à N dimensions.

En convenant que les espérances mathématiques sont nulles, et les écarts types égaux à l'unité, les extrémités des vecteurs sont à l'intersection d'une hypersphère et d'un hyperplan

$$\Sigma(x^i)^2 = 1, \qquad \Sigma x^i = 0.$$

Les $n+1$ vecteurs $\bar{g}$ et $\bar{s}_i$ vérifiant la condition d'indépendance sont en particulier orthogonaux, mais sont astreints en plus à d'autres conditions qui n'ont plus une forme géométrique simple à partir des moments du second ordre. Les conditions

$$\text{(I)} \qquad \bar{x}_h = m_h \bar{g} + \lambda_h \bar{s}_h,$$

avec les x, g, s normés, les g, s orthogonaux donnent les cosinus m_h des angles de g avec x_h, les cosinus $m_h m_k$ des angles de x_h, x_k. Inversement, cette dernière condition vérifiée, si le plus grand des m_h ne dépasse pas l'unité, on peut obtenir $\bar{g}$. Il coïncide avec $\bar{x}_h$ si $m_h = 1$, mais présente une indétermination si $m_h < 1$.

La projection orthogonale de g sur l'espace des $x_1, x_2, \ldots, x_n$ est connue par les m_h. Si g_0 est son support, l'angle V de g_0 et de g est connu, et l'on a

$$\bar{g} = \bar{g}_0 \cos V + \bar{\gamma} \sin V,$$

$\bar{\gamma}$ est arbitraire sous condition d'être orthogonal aux $\bar{x}_h$.

Ainsi la loi de probabilité de g reste indéterminée si l'on n'impose que l'orthogonalité, ce qui correspond entièrement aux conditions (II') et à l'indétermination constatée.

La quantité R est égale à $\cos V$.

Si l'on tient compte des conditions (II), le vecteur γ est parfaitement déterminé. Si donc on connaît $x_1, x_2, \ldots, x_n$ pour un individu, cette information le rangeant seulement dans la sous-population ayant ces caractéristiques, la partie $\bar{g}_0 \cos V$ sera la même dans cette sous-population, mais la partie $\bar{\gamma} \sin V$ fournit une partie non seulement aléatoire, mais dont la loi de probabilité même comporte une part d'arbitraire si nous avons seulement imposé les conditions (II').

Cette part d'arbitraire provient, bien entendu, non de la réalité, mais de la connaissance imparfaite que nous en avons.

Substitutions linéaires sur les x. — E. B. Wilson a signalé le premier qu'une substitution linéaire peut affecter la présence du facteur commun. Cette non-invariance dans la théorie d'un phénomène concret a paru surprendre; pourtant si la théorie se propose une explication valable pour certaines aptitudes, il n'y a pas de raison pour qu'elle s'applique à toutes, en particulier à des combinaisons linéaires arbitraires.

Le mécanisme de la non-invariance apparaît clairement sur un exemple simple et général :

$$x_h = g + s_h, \qquad y_1 = x_1, \qquad y_2 = x_1 - x_2, \qquad y_n = x_1 - x_n.$$

On voit tout de suite que, pour les y, c'est s_1 qui est facteur commun. On peut d'ailleurs, en général, amener par ce procédé un facteur spécifique quelconque au rôle de facteur commun.

Il y a lieu de distinguer :

a. la conservation du g primitif;

b. la conservation de la propriété d'avoir un facteur commun.

Il faut de plus distinguer le sens complet [égalité (II)] et restreint [égalité II'].

La substitution linéaire $y_i = a_{ik} x_k$ transforme $u_i x_i$ en $U_i y_i$ si l'on a $u_k = a_{ik} U_i$.

On est donc ramené au fait que cette transformation produit l'identité

$$\Phi[m_1 u_1 + \ldots + m_n u_n]\, \varphi_i(u_1) \ldots \varphi_n(u_n) \equiv K[M_1 U_1 + \ldots + M_n U_n]\, k_1(U_1) \ldots k_n(U_n).$$

Le facteur commun reste g si l'on a $\Phi \equiv K$.

Au sens restreint, l'identité est entre formes quadratiques

$$\lambda_1^2 u_1^2 + \ldots + \lambda_n^2 u_n^2 + u_{n+1}^2 \equiv \mu_1^2 U_1^2 + \ldots + \mu_n^2 U_n^2 + U_{n+1}^2,$$
$$u_{n+1} = \Sigma m_i u_i, \qquad U_{n+1} = \Sigma M_i U_i.$$

Ainsi, dans le cas restreint, on obtient les substitutions déduites des substitutions à $n+1$ variables qui changent une somme de carrés en une somme de carrés.

Celles qui conservent u_{n+1} conservent g.

Mais le problème le plus important paraît être la conservation de g au sens complet. Or, dans ce cas, on démontre aisément que le problème n'a de solutions que si les variables s_i suivent toutes des lois de Gauss. On est alors ramené au cas restreint.

ANALYSE TENSORIELLE. — *Sur les congruences de courbes dans les variétés affines*. Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit, dans une variété V_n à connexion affine, une congruence de courbes, trajectoires d'un champ de vecteurs $\mathbf{v}$; les propriétés géométriques de cette congruence sont indépendantes d'une substitution Θ_λ de forme $\mathbf{v}^\star = \lambda\mathbf{v}$, où λ est une fonction arbitraire des coordonnées x^k du point courant M. Appelons *fonction de direction* de $\mathbf{v}$, relative et de degré h, toute fonction de $\mathbf{v}$ et de ses dérivées absolues (dans la connexion considérée) transformée par Θ_λ suivant la loi $\Phi^\star = \lambda^h \Phi$; pour $h = 0$, la fonction est dite absolue; l'ordre m de Φ est celui de la dérivée d'ordre supérieur de $\mathbf{v}$ qu'elle contient. Je m'en tiens ici aux fonctions du premier ordre.

Désignons par $\mathfrak{U}$ le tenseur unité, par $\mathfrak{T}$ le tenseur dérivé de $\mathbf{v} \approx v^i$(¹)

$$\mathfrak{U} \approx \delta^i_k, \qquad \mathfrak{T} = \nabla\mathbf{v} \approx T^i_k = v^i_{,k} = \frac{\partial v^i}{\partial x^k} + v^j \Gamma^i_{jk}, \tag{1}$$

l'équation principale de l'homographie vectorielle de $\mathfrak{T}$ sera écrite

$$\rho^n + \tau_1 \rho^{n-1} + \ldots + \tau_{n-1}\rho + \tau_n = 0. \tag{2}$$

Avec les τ_i et les puissances $\mathfrak{T}^i$ de $\mathfrak{T}$ ($\mathfrak{T}^0 = \mathfrak{U}$), formons les tenseurs

$$\mathfrak{P}_h = \mathfrak{T}^h + \tau_1 \mathfrak{T}^{h-1} + \ldots + \tau_{h-1}\mathfrak{T} + \tau_h \mathfrak{U} = \mathfrak{P}_{h-1}.\mathfrak{T} + \tau_h \mathfrak{U}; \tag{3}$$

$\mathfrak{P}_n \equiv 0$ est l'identité principale à laquelle satisfait $\mathfrak{T}$.

Des homographies $\mathfrak{P}_h$ on déduit la suite de vecteurs transformés de $\mathbf{v}$

$$\mathbf{v}_{(1)} = \mathbf{v}, \quad \ldots, \quad \mathbf{v}_{(h)} = \mathbf{v}.\mathfrak{P}_{h-1}, \quad \ldots, \quad \mathbf{v}_{(n)} = \mathbf{v}.\mathfrak{P}_{n-1}, \quad \mathbf{v}_{(n+1)} \equiv 0, \tag{4}$$

$$\mathbf{v}_{(h)} = \mathbf{v}_{(h-1)}.\mathfrak{T} + \tau_{h-1}\mathbf{v}. \tag{5}$$

Les vecteurs $\mathbf{v}_{(h)}$ *sont fonctions de direction de* $\mathbf{v}$, *de degrés* h, d'après

$$\mathbf{v}^\star = \lambda\mathbf{v}, \qquad \mathfrak{T}^\star = \lambda(\mathfrak{T} + \mathbf{l}'\mathbf{v}), \qquad \text{où} \quad \mathbf{l}' = \nabla \log\lambda. \tag{6}$$

Mais les τ_h sont, au signe près, les invariants linéaires des puissances *extensives* $\mathfrak{T}^{\mathrm{H}}$ de $\mathfrak{T}$ (les exposants étant alors écrits en capitales et chiffres romains, soit II, ..., H, ..., N — I, N pour 2, ..., h, ..., $n - 1$, n), et il est pré-

(¹) Le symbole $\approx$ indique la correspondance entre un tenseur géométrique et ses composantes algébriques dans le repère employé, ici un repère *naturel*. J'ai modifié un peu plus bas la notation de M. J. A. Schouten pour les indices entre crochets, en employant la *sommation* alternée, et non la *médiation* alternée.

férable de rattacher les $\mathbf{v}_{(h)}$ aux fonctions générales de direction $\mathcal{L}_{(h)}$, définies par

$$(7)\qquad \mathcal{T}^{\mathrm{H-I}} \approx \mathrm{T}_q^{[a}\mathrm{T}_r^b \ldots \mathrm{T}_t^j \mathrm{T}_u^{k]}, \qquad \tau_{h-1} = (-1)^{h-1}\mathrm{T}_q^{[q}\mathrm{T}_r^r \ldots \mathrm{T}_t^t \mathrm{T}_u^{u]},$$

$$(8)\qquad \mathcal{L}_{(h)} = [\mathbf{v}, \mathcal{T}^{\mathrm{H-I}}] = (-1)^{h-1}[\mathcal{T}^{\mathrm{H-I}}, \mathbf{v}] \approx v^{[i}\mathrm{T}_q^a \mathrm{T}_r^b \ldots \mathrm{T}_t^j \mathrm{T}_u^{k]}$$

($q = i_1$, $r = i_2$, $\ldots$, $t = i_{h-2}$, $u = i_{h-1}$), d'où par contraction pour $i = q$, $a = r$, $\ldots$, $j = u$,

$$(9)\qquad \mathbf{v}_{(h)} = \mathfrak{U}^{\mathrm{H-I}} \,|\, \mathcal{L}_{(h)} = \mathrm{vect}\,\mathcal{L}_{(h)} \approx v_{(h)}^k = v^{[q}\mathrm{T}_q^r \ldots \mathrm{T}_t^u \mathrm{T}_u^{k]}.$$

Ces expressions coincidant avec (4), *les vecteurs* $\mathbf{v}_{(h)}$ *sont les vecteurs contractés des tenseurs* $\mathcal{L}_{(h)}$.

Les propriétés des $\mathcal{L}_{(h)}$, et par suite des $\mathbf{v}_{(h)}$, ne dépendent pas de la forme particulière du vecteur covariant I', gradient, dans (6); ces fonctions de direction appartiennent donc non seulement à la connexion (Γ_{jk}^i, ∇) considérée, mais à l'ensemble C_p des connexions ($\overline{\Gamma}_{jk}^i$, $\overline{\nabla}$) qui s'en déduisent par le groupe G_p de transformations Θ_p conservant le parallélisme, définies par

$$(10)\qquad \Delta_p(\nabla\mathbf{v}) = \overline{\mathcal{T}} - \mathcal{T} = \mathbf{f}'\mathbf{v} \qquad \text{ou} \qquad \Delta_p(\Gamma_{jk}^i) = \overline{\Gamma}_{jk}^i - \Gamma_{jk}^i = \delta_j^i f_k,$$

$\mathbf{f}' \approx f_k$ étant un vecteur covariant arbitraire; les transformations Θ_λ et Θ_p sont échangeables. Comme représentant intrinsèque de C_p on peut employer la connexion Π_{jk}^i de M. E. Bortolotti ([1]) (P_{jk}^i chez cet auteur).

2. *Les vecteurs* $\mathbf{v}_{(h)}$ *sont en général linéairement indépendants*. Pour ce cas général, les valeurs principales de $\mathcal{T}$, racines de (2), sont distinctes, et les directions principales ou unies $\mathbf{a}_\alpha$ définissent un n-èdre par rapport auquel

$$(11)\qquad \mathfrak{U} = \mathbf{a}^\alpha \mathbf{a}_\alpha, \qquad \mathcal{T} = (\rho_\alpha)\mathbf{a}^\alpha \mathbf{a}_\alpha, \qquad \mathcal{T}^h = (\rho_\alpha)^h \mathbf{a}^\alpha \mathbf{a}_\alpha, \qquad \mathbf{v}.\mathcal{T}^h = (\rho_\alpha)^h v^\alpha \mathbf{a}_\alpha,$$

$$(12)\qquad \mathrm{V}_{(\nu)} = [\mathbf{v}_{(1)}\mathbf{v}_{(2)} \ldots \mathbf{v}_{(n)}] = [\mathbf{v}(\mathbf{v}.\mathcal{T}) \ldots (\mathbf{v}.\mathcal{T}^{n-1})] \qquad \left(\nu = \frac{n(n+1)}{2}\right),$$

$$(13)\qquad \mathrm{V}_{(\nu)} = \Pi(\rho_k - \rho_j)(\mathbf{v}.\mathbf{a}^1)(\mathbf{v}.\mathbf{a}^2) \ldots (\mathbf{v}.\mathbf{a}^n)[\mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 \ldots \mathbf{a}_n] \qquad (k > j).$$

La proposition est donc établie *en général*, $\mathbf{v}$ n'appartenant pas au domaine des $(n - 1)$-directions principales $\mathbf{a}^\alpha$, unies pour $\mathcal{T}$. Avec le *pseudo-scalaire* (ou *densité*) $\mathrm{V}_{(\nu)}$ on construit alors les vecteurs covariants $\mathbf{v}^{(h)}$, réciproques des $\mathbf{v}_{(h)}$, fonctions de direction de degrés $(-h)$.

Les expressions (11) permettent d'étudier les produits partiels $[\mathbf{v}_{(j)} \ldots \mathbf{v}_{(m)}]$, mais la forme donnée à $\mathcal{T}$ est trop particulière pour tous les cas : *l'étude complète de la dépendance linéaire des* $\mathbf{v}_{(h)}$ *est celle de la dis-*

([1]) Cf. E. Bortolotti, *Ann. di Math.*, 4e série, 8, 1930-1931, p. 78.

position du domaine principal de $\mathfrak{G}$ (méthode des diviseurs élémentaires) *et de la situation de* **v** *par rapport à ce domaine.*

J'ai précédemment employé les $\mathcal{L}_{(h)}$ et les $\mathbf{v}_{(h)}$ dans ma Thèse et d'autres publications (¹) pour le cas des V_2 riemanniennes $[\mathbf{v}_{(2)} = \mathbf{g}]$ et des E_3 euclidien et affin $[\mathbf{v}_{(2)} = \mathbf{w}, \mathbf{v}_{(3)} = \mathbf{e}]$; M. L. P. Eisenhart a aussi considéré (²) certaines propriétés de ces fonctions à partir des matrices $\| T^i_k \|$ et $\| v^i, T^i_k \|$ d'où l'on tire les composantes des $\mathfrak{G}^{\text{H}}$ et $\mathcal{L}_{(h)}$, mais l'étude de cet auteur n'est pas complète à notre point de vue. Signalons seulement que, d'après (4) ou (5), $\mathbf{v}_{(n)}$ est, dans le cas général, la direction *directrice* ou *transversale* de parallélisme pour **v**, et que $\mathbf{v}_{(h)}$ est de même direction directrice si $[\mathbf{v}\mathbf{v}_{(h+1)}] = 0$; que $[\mathbf{v}\mathbf{v}_{(2)}] = 0$ entraîne l'annulation de tous les $[\mathbf{v}\mathbf{v}_{(h)}]$, ce qui correspond à une congruence de géodésiques (autoparallèles), et qu'il en est de même de $[\mathbf{v}\mathbf{v}_{(n)}] = 0$ et $\mathbf{v}_{(n)} \neq 0$.

Les opérations précédentes effectuées sur les $\mathbf{v}_{(h)}$ $(h > 1)$ conduiraient à des fonctions de direction d'ordre supérieur de **v**.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des développements en série de polynomes de Legendre des fonctions à variation bornée.* Note (³) de M. **Pierre Bergeot**, présentée par M. Émile Borel.

Le résultat fondamental sur la convergence des séries de Legendre des fonctions *à variation bornée* est donné par Burckhardt (⁴). Il démontre que sur un intervalle intérieur à un intervalle de continuité pris sur le segment $(-1, +1)$, la convergence de la série est uniforme.

Il est également utile d'être fixé sur les conditions dans lesquelles la convergence uniforme peut exister sur des segments aboutissant aux extrémités ± 1 de l'intervalle sur lequel on développe la fonction $f(x)$. Stone (⁵) et Jackson (⁶) donnent en particulier des conditions suffisantes.

Nous énonçons dans la présente Note des conditions suffisantes qui font seulement intervenir la sommabilité de $[f'(x)]^2$ aux voisinages des extrémités de l'intervalle $(-1, +1)$.

(¹) P. Delens, *Rendic. Circ. mat. Palermo*, 56, 1932, p. 289-352; *Assoc. fr. pour l'avancement des Sc.*, Congrès de Chambéry, 57ᵉ session, 1933, p. 31.

(²) Cf. L. P. Eisenhart, *Non-Riemannian Geometry*, New-York, 1927, p. 38.

(³) Séance du 3 décembre 1934.

(⁴) *Sitz. Akad. München., Math. Phys., Kl.*, 10, 1909, p. 1-13.

(⁵) *Annals of Math.* (Princeton Univ.), 27, 1925-1926, p. 321-329.

(⁶) *Amer. Math. Soc. Colloq. Publ.*, 11, 1930, p. 71-76.

THÉORÈME I. — *Soit $f(x)$ une fonction continue à variation bornée sur le segment $(-1, +1)$ telle que $f'(x)$ soit de carré sommable (L) sur ce segment; alors le développement d'ordre n, $S_n(x)$ de $f(x)$ en série de polynomes de Legendre converge uniformément vers $f(x)$ pour $-1 \leqq x \leqq +1$.*

On a en effet :

$$\int_x^{+1}\left[f'(x)-\frac{dS_n(x)}{dx}\right]dx = f(+1)-S_n(+1)-[f(x)-S_n(x)];$$

d'où, pour $-1 \leqq x \leqq +1$,

$$|f(x)-S_n(x)| \leqq |f(+1)-S_n(+1)|+\int_{-1}^{+1}\left|f'(x)-\frac{dS_n(x)}{dx}\right|dx,$$

soit

$$|f(x)-S_n(x)| \leqq |f(+1)-S_n(+1)|+\sqrt{2}\sqrt{\int_{-1}^{+1}\left[f'(x)-\frac{dS_n(x)}{dx}\right]^2 dx}.$$

D'après Burckhardt (*loc. cit.*), Hobson [1], on sait que, sous les conditions imposées, $S_n(+1)$ converge vers $f(+1)$. En outre, le calcul montre que $f(x)$ étant continue et $f'^2(x)$ étant sommable, $|S_n(+1)-f(+1)| \to 0$ comme $1/\sqrt{n}$ quand $n \to \infty$. D'autre part, par un calcul direct, nous avons vérifié que, si $f(x)$ est continue, $dS_n(x)/dx$ est identique au développement direct d'ordre $n-1$ de $f'(x)$ en série de Legendre. Or, $f'^2(x)$ est sommable par hypothèse, donc

$$\int_{-1}^{+1}\left[f'(x)-\frac{dS_n(x)}{dx}\right]^2 dx$$

n'est jamais croissante quand n croît et a zéro pour limite quand $n \to \infty$. On déduit de ces conditions que $S_n(x)$ tend uniformément vers $f(x)$ pour $-1 \leqq x \leqq +1$.

THÉORÈME II. — *Soit $f(x)$ à variation bornée sur le segment $(-1, +1)$, nulle sur le segment $(\alpha, +1)$ pris sur $(-1, +1)$. Le développement $S_n(x)$ de $f(x)$ en série de Legendre converge uniformément vers zéro pour $\alpha' \leqq x \leqq +1$, où l'on a $\alpha < \alpha' < +1$. Pour préciser, on a sur le segment fermé $(\alpha', +1)$,*

$$|S_n(x)| \leqq \{f(-1)+[V.f(x)]_{-1}^{\alpha}\}\frac{C}{\sqrt{n}(x-\alpha)},$$

où C est une constante absolue et où $[V.f(x)]_{-1}^{\alpha}$ désigne la variation totale de $f(x)$ prise de $x=-1$ à $x=\alpha$.

Nous donnerons la démonstration de ce résultat dans un autre Mémoire.

---

[1] *Proceedings London Math. Soc.*, 2e série, 7, 1909, p. 24-29.

Nous indiquons seulement qu'on part de la formule connue

$$S_n(x) = \frac{1}{2}\int_{-1}^{+1} \Phi_n(x, s) f(s)\, ds,$$

où

$$\Phi_n(x, s) = (n+1)\frac{X_{n+1}(x)\, X_n(s) - X_n(x)\, X_{n+1}(s)}{x - s},$$

$X_n(x)$ étant le polynome de Legendre d'ordre n; $f(x)$ étant la variation bornée, on pose $f(x) = f(-1) + P(x) - N(x)$, où P et N désignent deux fonctions positives, bornées, non décroissantes. L'application du deuxième théorème de la moyenne, l'utilisation de la formule connue

$$X_n(x) = \frac{1}{2n+1}[X'_{n+1}(x) - X'_{n-1}(x)]$$

et de la majoration $|X_{n+1}(x) - X_{n-1}(x)| < a/\sqrt{n}$ valable pour $-1 \leqq x \leqq +1$ où a est une constante absolue (Burckhardt), (Jackson), conduisent au résultat.

THÉORÈME III. — *Soit $f(x)$ à variation bornée sur le segment $(-1, +1)$, continue sur $(\alpha, +1)$ telle $f'(x)$ soit de carré sommable* (L) *sur* $(\alpha', +1)$ $\alpha' \geqq \alpha$; *alors $S_n(x)$ converge uniformément vers $f(x)$ pour $\alpha + \eta \leqq x \leqq +1$, où l'on a* $0 < \eta < 1 - \alpha$.

Désignons par A le point défini par $x = -1$, $y = 0$ et par B le point défini par $x = \alpha'$, $y = f(\alpha')$.

Considérons la fonction $f_1(x)$ définie sur $(-1, \alpha')$ par la droite AB et sur $(\alpha', +1)$ par $f(x)$. $f_1(x)$ est continue et $f'(x)$ est de carré sommable sur $(-1, +1)$. Posons $f_2(x) = f(x) - f_1(x)$, $f_2(x) = 0$ pour $\alpha' \leqq x \leqq +1$.

Désignons par $S_n^{(1)}(x)$ et $S_n^{(2)}(x)$ les développements respectifs d'ordre n de f_1 et f_2 en série de Legendre.

D'après le théorème I, $S_n^{(1)}(x)$ converge uniformément vers $f_1(x)$ pour $-1 \leqq x \leqq +1$. D'après le théorème de Burckhardt (*loc. cit*), $S_n^{(2)}(x)$ converge uniformément vers $f_2(x)$ pour $\alpha < x < +1$. D'après le théorème II, $S_n^{(2)}(x)$ converge uniformément vers $f_2(x) = 0$ pour $\alpha' < x \leqq +1$.

On en déduit que $S_n(x)$ converge uniformément vers $f(x)$ pour $\alpha + \eta \leqq x \leqq +1$, où l'on a $0 < \eta < 1 - \alpha$.

Un raisonnement analogue permet d'énoncer le théorème suivant:

THÉORÈME IV. — *Soit $f(x)$ continue et à variation bornée sur $(-1, +1)$. Soit $f'(x)$ de carré sommable sur les segments $(\alpha, +1)$ et $(-1, -\alpha)$* $(0 < \alpha < +1)$. *La convergence de $S_n(x)$ est uniforme vers $f(x)$ pour* $-1 \leqq x \leqq +1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations linéaires du type elliptique à coefficients continus.* Note [1] de M. **Jules Schauder**, présentée par M. Gaston Julia.

La méthode [2] au moyen de laquelle j'ai traité certains problèmes concernant l'équation linéaire du type elliptique

$$\sum_{i,k=1}^{n} a_{ik} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} = f \tag{1}$$

est aussi applicable, comme je l'ai déjà signalé, lorsque les coefficients [3] sont seulement continus. Je me propose maintenant de développer cette méthode [4] dans le cas en question et de l'employer à la solution du problème de Dirichlet. Pour avoir une démonstration complète, il nous suffit d'indiquer les points essentiellement nouveaux [4].

1° D'après un théorème de Lichtenstein [5], l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} = f$$

admet en certain sens une seule solution s'annulant sur la frontière du domaine W, même lorsque la fonction f n'est qu'à carré intégrable (L). De la démonstration de Lichtenstein résulte

$$\| u \|^{W} = \operatorname{Max}_{W} |u| + \sum \int\int_{W} (D_1 u)^2 \, dx_1 \, dx_2 + \sum \int\int_{W} (D_2 u)^2 \, dx_1 \, dx_2 \leqq K \int\int_{W} f^2 \, dx_1 \, dx_2. \tag{2}$$

Nous allons maintenant considérer l'équation (1). Désignons par $\omega(\varepsilon)$ le plus grand des modules de continuité des coefficients a_{ik} et posons $M \geqq \sum_{i,k=1}^{2} |a_{ik}|$. Soit u une fonction dérivable deux fois, s'annulant sur le contour du domaine G et vérifiant (1).

---

[1] Séance du 2 juillet 1934.

[2] Voir *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1365-1368; **196**, 1933, p. 89-91.

[3] Je me borne au cas de deux dimensions.

[4] Voir les détails dans *Math. Zeitschrift*, **38**, 1934, II, p. 257-282, pour a_{ik} hölderiens.

[5] *Crelles Journal*, **141**, 1912, p. 12-42.

Enfin, soit P un point arbitraire du domaine G, $d(P)$ sa distance de la frontière et λ un nombre entre 0 et 1. Entourons le point P d'un carré $W(P, \lambda)$ aux côtés parallèles aux axes dont la diagonale est égale à $\lambda d(P)$. Il s'agit de trouver la borne supérieure $N(\lambda)$ de la fonction

$$(3)\quad h(P;\lambda)=\left[\operatorname*{Max}_{W}|u|+\sum\int\int_{W}(D_1 u)^2\,dx_1\,dx_2+\sum\int\int_{W}(D_2 u)^2\,dx_1\,dx_2\right]d^2(P).$$

Si P_0 est un point tel que $h(P_0;\lambda)\geqq N(\lambda)/2$, alors pour $0<\lambda<1/2D$ [1] et tout point P situé sur le contour du carré $W(P_0, \lambda)=W_0$, on a $d(P)\geqq d(P_0)/2$.

Il vient alors, en vertu de (3) [[2], [3]] :

$$(4)\quad \|u\|^{W_0}\leqq l(M)\left[\omega\left(\frac{3\lambda d_0}{2}\right)\left(\sum\int\int_{W_0}(D_2 u)^2\,dx_1\,dx_2\right)+\int\int_{G}f^2\,dx_1\,dx_2+\frac{\operatorname{Max}|u|}{\lambda^2 d_0^2}\right].$$

Si $l(M)\omega(3\lambda_0 D/2)<1/2$ on a, d'après (4),

$$(5)\quad \|u\|^{W_0}\leqq C(M)\left[\int\int_{G}f^2\,dx_1\,dx_2+\frac{\operatorname{Max}|u|}{\lambda_0^2 d_0^2}\right],$$

ce qui donne une évaluation de $N(\lambda)$. Une évaluation [4] analogue s'obtient pour un point P de la frontière. On parvient ainsi à l'inégalité

$$(6)\quad \|u\|^{G}\leqq K(M;\omega)\left[\int\int_{G}f^2\,dx_1\,dx_2+\operatorname{Max}|u|\right].$$

2° Passons maintenant à l'étude du problème de Dirichlet pour l'équation (1) et même pour l'équation générale en supposant seulement les coefficients continus.

Cherchons par exemple une solution de (1) s'annulant sur la frontière [5]. Soient $\{a_{ik}^m\}$ et f_m deux suites des fonctions analytiques convergentes respectivement vers a_{ik} et f [6], la première uniformément, la deuxième presque

---

(1) D le diamètre de G.

(2) Pour la démonstration détaillée, cf. *Math. Zeitschr.*, *loc. cit.*, p. 266-269 et 273-277.

(3) $d_0=d(P_0)$.

(4) La démonstration est analogue lorsque (1) contient des dérivées du premier ordre et la fonction elle-même, les coefficients correspondants étant bornés et mesurables.

(5) D'une manière tout aussi facile on traite les valeurs continues à la frontière.

(6) Nous supposons f borné. Max $|u|$ peut alors être limité. Dans tous les cas où Max $|u|$ peut encore être limité *a priori*, le problème de Dirichlet est résoluble.

partout. Nous supposons encore les fonctions f_m uniformément bornées, par exemple $|f_m| \leqq 2 \operatorname{Max} |f|$ (¹). Pour les modules de continuité des a_{ik}^m il existe alors un module majorant $\omega(\varepsilon)$. Les normes des solutions u_m des équations

$$(7) \qquad \mathrm{L}_m u_m = \sum_{i,k=1}^{2} a_{ik}^m \frac{\partial^2 u_m}{\partial x_i \partial x_k} = f_m$$

sont bornées d'après (6), ce qui entraîne la continuité égale de u_m. D'autre part, les fonctions $u_m - u_{m'}$ vérifient l'équation

$$(8) \qquad \mathrm{L}_m(u_m - u_{m'}) = f_m - f_{m'} + \mathrm{L}_{m'} u_{m'} - \mathrm{L}_m u_{m'} = \psi_{mm'}.$$

Nous déduisons de ces faits [en vertu des relations (6) et (8)] l'existence d'une fonction continue u, absolument continue ainsi que ses dérivées $\partial u / \partial x_1$, $\partial u / \partial x_2$ sur presque toute droite $x_1 = \text{const.}$, $x_2 = \text{const.}$, qui satisfait presque partout l'équation (1) (²).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Allure des courbes sur lesquelles les fonctions holomorphes d'une suite uniformément convergente prennent les mêmes valeurs que la fonction limite sur une courbe donnée.* Note de M. **Tullio Viola**, présentée par M. Hadamard.

Soit

$$f_1(z), \quad f_2(z), \quad \ldots, \quad f_n(z), \quad \ldots \qquad (z = x + iy)$$

une suite de fonctions holomorphes, convergeant uniformément, à l'intérieur d'un domaine connexe (D), vers une fonction limite $f(z)$ (nécessai-

---

(¹) Si la fonction f est seulement à carré sommable, on peut remplacer l'inégalité (6) par une limitation de M. S. Bernstein, dans laquelle on ne suppose rien sur les modules de continuité et $\operatorname{Max} |u|$ (cf. *Math. Ann.*, 69, 1910, p. 82-136, en particulier p. 97). Mais l'inégalité en question est établie par M. Bernstein seulement dans le cas d'un contour convexe. On obtient facilement dans ce cas les solutions u de (1) comme une opération fonctionnelle continue et linéaire de f : $u = \mathrm{U}(f)$.

(²) S'il s'agit de la généralisation de cette méthode aux dimensions $\geqq 3$, on pourrait obtenir pour $n = 3$ la relation (6). Pour démontrer que la limite u des u_m vérifie l'équation (1) et qu'elle a des propriétés exigées, on peut se servir par exemple d'un certain résultat, conséquence facile d'un théorème dû à MM. Banach et Saks; ce dernier théorème concerne la faible convergence d'une suite des fonctions (cf. *Studia Math.*, 2, 1930, p. 51-57).

rement holomorphe) non constante, et soit γ une courbe complètement intérieure à (D) ([1]). Distinguons deux cas :

1° $f'(z) \neq 0$ le long de γ. Alors, à chaque point $z = x + iy$ de γ correspond un point $z_n = x_n + iy_n$ et un seul, tel que $f_n(z_n) = f(z)$, $\lim\limits_{n \to \infty} z_n = z$. Plus précisément, étant arbitrairement donné un $\varepsilon > 0$, il existe toujours un $\bar{n}$ tel que, pour chaque $n > \bar{n}$, on ait $|z_n - z| < \varepsilon$. Si l'on désigne par γ_n, pour chaque valeur de n, la courbe parcourue par z_n lorsque z parcourt γ, on peut dire que la suite de courbes γ_n tend *uniformément*, pour $n \to \infty$, vers la courbe limite γ ([2]). Représentons l'arc γ par les fonctions d'un paramètre réel t

$$x = x(t), \qquad y = y(t), \qquad [z = z(t) = x(t) + iy(t)],$$

que nous supposerons dérivables jusqu'à un certain ordre $s \geq 1$ ([3]). Désignons par $\overline{t_1\ t_2}$ l'intervalle de variabilité de t.

Chacune des courbes γ_n (pour n suffisamment élevé) peut être alors représentée par deux fonctions

$$x_n = x_n(t), \qquad y_n = y_n(t), \qquad [z_n = z_n(t) = x_n(t) + iy_n(t)]$$

du paramètre t, qui seront aussi dérivables jusqu'au même ordre s. *On a précisément*

$$\lim_{n \to \infty} x_n^{(i)}(t) = x^{(i)}(t), \qquad \lim_{n \to \infty} y_n^{(i)}(t) = y^{(i)}(t) \qquad (i = 1, 2, \ldots, s)$$

et cette convergence est uniforme dans $\overline{t_1\ t_2}$. *Il y a*, en d'autres termes, *voisinage d'ordre s de la courbe* γ_n *à la courbe* γ.

2° Il existe sur γ un point $z_0 + x_0 + iy_0$ et un seul où la dérivée $f'(z)$ est nulle. Soit, plus précisément,

$$f'(z_0) = f''(z_0) = \ldots = f^{(k-1)}(z_0) = 0, \qquad f^{(k)}(z_0) \neq 0 \qquad \text{avec } k > 1.$$

Traçons par z_0 toutes les branches homologues à γ [qui pourraient ne pas faire partie de γ ([4])] et indiquons par $\bar{\gamma}$ la courbe γ ainsi complétée. Alors,

---

([1]) *Complètement intérieure*, c'est-à-dire sans points sur le contour de D.

([2]) T. Viola, *Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, 12, 1933, p. 173.

([3]) Nous supposons que deux dérivées $x^{(i)}(t)$, $y^{(i)}(t)$, du même ordre $i \leq s$, ne sont jamais simultanément nulles.

([4]) γ pourrait être par exception formée, dans un entourage de z_0, de deux branches homologues partant de z_0 avec les mêmes éléments d'ordres successifs jusqu'à l'ordre s.

dans le voisinage de $\bar{\gamma}$ et pour chaque valeur de n suffisamment élevée, une courbe $\bar{\gamma}_n$ reste définie en correspondance : c'est l'ensemble de *tous* les k points z_n où $f_n(z)$ prend les valeurs que $f(z)$ prend sur $\bar{\gamma}$, chaque point étant compté d'après sa multiplicité. Et la convergence de $\bar{\gamma}_n$ vers $\bar{\gamma}$ est *uniforme*, mais on ne peut pas affirmer, en général, que les éléments d'ordres supérieurs de $\bar{\gamma}_n$ convergent uniformément, pour $n \to \infty$, vers les éléments correspondants de $\bar{\gamma}$.

Il peut arriver qu'*il existe, même sur chaque* $\bar{\gamma}_n$ (pour n suffisamment élevé), *un point où les* $k-1$ *premières dérivées de* $f_n(z)$ *s'annulent. Il y a alors*, dans cette hypothèse particulière, *voisinage d'ordre s de chaque branche de* $\bar{\gamma}_n$ *à la branche correspondante de* $\bar{\gamma}$. Supposons précisément, pour simplifier les choses, que les fonctions $x(t)$, $y(t)$ qui représentent γ prennent respectivement les valeurs x_0, y_0 pour $t = 0$ $(t_1 < 0 < t_2)$. Soit, pour chaque valeur suffisamment élevée de n, t_n^0 la valeur de t dans l'intervalle $\overline{t_1\ t_2}$, pour laquelle

$$f'_n[z_n(t_n^0)] = f''_n[z_n(t_n^0)] = \ldots = f_n^{(k-1)}[z_n(t_n^0)] = 0;$$

on a $\lim\limits_{n \to \infty} t_n^0 = 0$. Substituons $t + t_n^0$ à t dans les fonctions

$$x_n = x_n(t), \qquad y_n = y_n(t) \qquad [z_n = z_n(t) = x_n(t) + i y_n(t)]$$

qui représentent $\bar{\gamma}_n$. Chacune des branches des $\bar{\gamma}_n$ qui tendent, pour $n \to \infty$, vers une branche déterminée de $\bar{\gamma}$, correspond alors aux valeurs de t appartenant à l'intervalle $\overline{(t_1 - t_n^0)\ 0}$ ou à l'intervalle $\overline{0\ (t_2 - t_n^0)}$. Posons, aux points de ces branches, qui correspondent aux mêmes valeurs de t dans l'intervalle $\overline{(t_1 - t_n^0)\ 0}$ ou dans l'intervalle $\overline{0\ (t_2 - t_n^0)}$,

$$\tau^{(1)} = \frac{y'}{x'}, \qquad \tau^{(2)} = \frac{\tau^{(1)'}}{x'}, \qquad \tau^{(3)} = \frac{\tau^{(2)'}}{x'}, \qquad \ldots, \qquad \tau^{(s)} = \frac{\tau^{(s-2)'}}{x'},$$

$$\tau_n^{(1)} = \frac{y'_n}{x'_n}, \qquad \tau_n^{(2)} = \frac{\tau_n^{(1)'}}{x'_n}, \qquad \tau_n^{(3)} = \frac{\tau_n^{(2)'}}{x'_n}, \qquad \ldots, \qquad \tau_n^{(s)} = \frac{\tau_n^{(s-1)}}{x'_n} \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots).$$

On a alors

$$\lim_{n \to \infty} \tau_n^{(1)} = \tau^{(1)}, \qquad \lim_{n \to \infty} \tau_n^{(2)} = \tau^{(2)}, \qquad \lim_{n \to \infty} \tau_n^{(3)} = \tau^{(3)}, \qquad \ldots, \qquad \lim_{n \to \infty} \tau_n^{(s)} = \tau^{(s)},$$

et cette convergence est uniforme dans tout intervalle $\overline{(t_1 + \varepsilon)\ 0}$ *ou dans tout intervalle* $\overline{0\ (t_2 - \varepsilon)}$, ε *étant un nombre positif arbitrairement petit.*

On trouvera dans un autre Recueil les démonstrations de ces propriétés et d'autres encore.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un problème de M. Carleman.* Note (¹) de M. V. **Ganapathy Iyer**, présentée par M. Julia.

1. Le problème suivant est suggéré par M. Carleman (²) :

Soit $f(x)$ une fonction définie dans l'intervalle fermé (a, b) et indéfiniment dérivable. Posons $M_n = \max|f^{(n)}(x)|$ dans (a, b). Quelles sont les conditions nécessaires et suffisantes que doit remplir la suite $\{M_n\}$ pour que $f(x)$ soit analytique dans (a, b).

2. Le théorème suivant répondra à cette question :

Théorème. — *Soit $f(x)$ une fonction indéfiniment dérivable dans l'intervalle fermé (a, b). Soit $M_n = \max|f^{(n)}(x)|$ dans (a, b). La condition nécessaire et suffisante pour que $f(x)$ soit analytique est que*

$$\overline{\lim_{n\to\infty}} \left\{ \frac{M_n}{\lfloor n} \right\}^{\frac{1}{n}} < +\infty.$$

3. Nous citons le théorème suivant (*op. cit.*, p. 61) de la théorie des fonctions quasi analytiques que nous emploierons par la suite :

Théorème. — *Étant donné une fonction indéfiniment dérivable dans (a, b), désignons par M_n la borne supérieure de $|f^{(n)}(x)|$ dans l'intervalle. Soient $\alpha_n = \sqrt[n]{M_n}$ et $\beta_n =$ borne inférieure $(\alpha_n, \alpha_{n+1}, \ldots)$. La condition nécessaire et suffisante pour que $f(x)$ soit quasi analytique est que $\Sigma 1/\beta_n$ diverge.*

4. *Démonstration de la nécessité.* — $f(x)$ est holomorphe dans l'intervalle fermé (a, b), en vertu de l'hypothèse. Par conséquent, il existe un domaine D, limité par une courbe Γ simple fermée de Jordan rectifiable, qui jouit des propriétés suivantes :

1° l'intervalle (a, b) est à l'intérieur de D ;

2° $f(x)$ est holomorphe dans D et sur Γ.

Soit d la distance entre Γ et le segment (a, b). On voit que $d > 0$. On a, pour tout x dans (a, b),

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} f(x) &= \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{f(z)}{z-x}\,dz, \\ \frac{f^{(n)}(x)}{\lfloor n} &= \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{f(z)}{(z-x)^{n+1}}\,dz. \end{aligned} \right.$$

(¹) Séance du 3 décembre 1934.

(²) T. Carleman, *Les fonctions quasi analytiques* (*Collection de monographies sur la théorie des fonctions*, Borel, Séries, p. 76).

On en déduit

$$\frac{M_n}{\lfloor n} \leq \frac{GL}{2\pi d^{n+1}},$$

où $G = \max. |f(z)|$ sur Γ et $L =$ longueur de Γ.

Par conséquent,

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \left\{ \frac{M_n}{\lfloor n} \right\}^{\frac{1}{n}} \leq \frac{1}{d} < +\infty.$$

La nécessité de la condition est donc établie.

5. *Démonstration de la suffisance.* — Soit $x = \rho$ un point dans $a \leq x \leq b$. Considérons la série de Taylor

$$(2) \qquad \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{f^{(\nu)}(\rho)}{\lfloor \nu} (x - \rho)^{\nu}.$$

Soit $h(\rho)$ le rayon de convergence de la série (2). Par hypothèse, $\sqrt[n]{M_n / \lfloor n}$ est borné. On conclut à l'existence d'un nombre $\lambda > 0$ tel que $h(\rho) \geq \lambda$.

On en déduit l'existence d'une suite finie de points

$$a = \rho_0 < \rho_1 < \rho_2 < \ldots < \rho_{n-1} < \rho_n = b$$

et un $\lambda > 0$ telles que le cercle C_ν de centre ρ_ν et rayon d a une portion commune avec $C_{\nu+1}$ pour $\nu = 0, 1, \ldots, n$. En outre, la série (2) pour $\rho = \rho_\nu$ est holomorphe dans le cercle fermé C_ν.

Posons

$$(3) \qquad f_s(x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{f^{(\nu)}(\rho_s)}{\lfloor \nu} (x - \rho_s)^{\nu}$$

pour $s = 0, 1, \ldots, n$. Considérons les fonctions $f_0(x)$ et $f_1(x)$. $f_0(x)$ est holomorphe dans le cercle fermé C_0 et $f_1(x)$ dans C_1. Supposons que C_0 coupe le segment (a, b) en q et C_1 en p de sorte que $p < q$, $a < q$ et $p < \rho_1$. Parce que $f_0(x)$ est holomorphe dans C_0, on a, en vertu du fait démontré dans le paragraphe 4, $\overline{\lim_{\nu \to \infty}} \left\{ M_\nu^{(0)} / \lfloor \nu \right\}^{\frac{1}{\nu}} < +\infty$, où $M_\nu^{(0)} = \max |f_0^{(\nu)}(x)|$ dans (a, q). Posant $g(x) = f_0(x) - f_1(x)$ et $C_\nu = \max | f^{\nu}(x) - f_{(0)}^{\nu}(x) |$ dans (a, q), on conclut que $\left\{ C_\nu / \lfloor \nu \right\}^{\frac{1}{\nu}}$ est borné, en vertu du fait que $\left\{ M_\nu / \lfloor \nu \right\}^{\frac{1}{\nu}}$ estborné. On en déduit que $1/\sqrt[\nu]{C_\nu} > K/\nu$, où K est un nombre positif indépendant

de ν. *A fortiori*, $1/\beta_\nu > K/\nu$ où β_ν = borne inférieure $(\sqrt[\nu]{C_\nu}, \sqrt[\nu+1]{C_{\nu+1}}, \ldots)$. Donc $\Sigma 1/\beta_\nu$ diverge et, en vertu du théorème cité dans le paragraphe 3, $g(x)$ est quasi analytique dans (a, q). D'autre part,

$$\left.\begin{array}{l} g(a)=0 \\ g^{\nu}(a)=0 \end{array}\right\} \text{ par définition de } g(x).$$

On conclut $g(x) \equiv 0$ dans $a \leqq x \leqq q$, ou $f_0(x) \equiv f(x)$ dans $a \leqq x \leqq q$.

De même, $f_1(x) = f(x)$ dans $p \leqq x \leqq \rho_1$.

On en déduit que $f_0(x) = f_1(x)$ dans $p \leqq x \leqq q$.

Donc $f_0(x) = f_1(x)$ dans la portion commune à C_0 et C_1. Par l'application répétée de cet argument on est conduit, dans un nombre fini de pas, à une fonction $H(x)$ holomorphe dans l'intervalle (a, b) et coïncidant avec $f(x)$ sur $a \leqq x \leqq b$. La suffisance est donc établie et le théorème est complètement démontré.

6. Le théorème est vrai aussi si $a = -\infty$ ou $b = +\infty$, où tous deux sont infinis $(a = -\infty, b + \infty)$, pourvu que l'hypothèse du théorème du paragraphe 2 soit vérifiée en chaque intervalle fini contenu dans (a, b).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'étude de l'équilibrage des machines à piston au moyen de vecteurs tournants symétriques.* Note [1] de M. G. **Delanghe**, présentée par M. Guillet.

Étant donné une machine à piston tournant à vitesse constante ω, la force d'inertie d'ordre p correspondant à la masse en mouvement rectiligne alternatif dans un cylindre non désaxé a une expression de la forme $C_p \cos p\alpha$, C_p étant une constante, et α, la valeur instantanée de l'angle entre l'axe du cylindre et la direction de la manivelle. Cette force peut être regardée comme la projection sur l'axe du cylindre d'un vecteur de module $|C_p|$ tournant avec la vitesse $p\omega$, ce qui permet d'examiner aisément l'équilibrage des moteurs à cylindres en ligne.

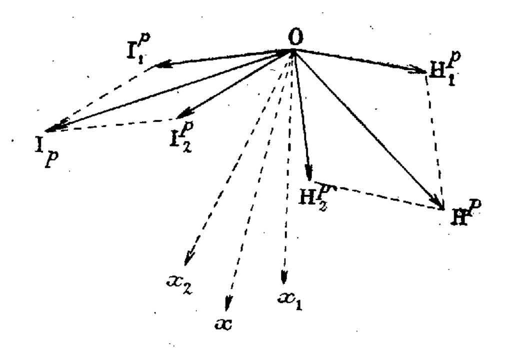
Mais, pour étudier l'équilibrage d'autres groupements de cylindres, en V et en étoile notamment, on gagne beaucoup, comme la présente Note a pour objet de le montrer, à remplacer ce vecteur tournant unique par deux vecteurs tournants symétriques, de module moitié moindre et portés l'un par le même axe tournant, l'autre, par un axe restant symétrique du

---

(1) Séance du 19 novembre 1934.

premier par rapport à l'axe du cylindre. L'avantage de cette substitution tient à ce qu'elle fait intervenir la force d'inertie $C_p \cos p\alpha$ comme la *résultante géométrique* de deux vecteurs tournants, et non plus comme la *projection* d'un seul vecteur : lorsque les axes des cylindres divergent dans l'espace, on obtient ainsi aisément la résultante générale en composant entre eux les vecteurs tournants de l'une, puis de l'autre des deux familles, et en ajoutant géométriquement les deux sommes trouvées.

Considérons, par exemple, un moteur à deux cylindres identiques en V, dont les bielles sont supposées articulées directement sur le même maneton.



Soient Ox_1, Ox_2 (voir figure) les axes des deux cylindres, et Om la direction de la manivelle. Posons $\widehat{Ox_1, Ox_2} = \delta$; $\widehat{Ox_1, Om} = \alpha$. La force d'inertie d'ordre p du cylindre x_1 peut être regardée comme la résultante géométrique de deux vecteurs OI_1^p, OH_1^p, tels que $|OI_1^p| = |OH_1^p| = |C_p|/2$ et que $\widehat{x_1, I_1^p} = p\alpha$; $\widehat{x_1, H_1^p} = -p\alpha$. Pour le deuxième cylindre, l'angle de manivelle est $(\alpha - \delta)$, au lieu de α, et les deux vecteurs symétriques correspondants sont OI_2^p, OH_2^p, tels que $|OI_2^p| = |OH_2^p| = |C_p|/2$ et que

$$\widehat{x_2, I_2^p} = p(\alpha - \delta), \qquad \widehat{x_2, H_2^p} = -p(\alpha - \delta),$$

on voit immédiatement que $\widehat{I_1^p, I_2^p} = \widehat{I_1^p, x_1} + \widehat{x_1, x_2} + \widehat{x_2, I_2^p} = -(p-1)\delta$; de même, $\widehat{H_1^p, H_2^p} = (p+1)\delta$. La résultante OI^p des deux vecteurs OI_1^p, OI_2^p a donc pour mesure $2|C_p|/2 \cos(p-1)\delta/2$; semblablement, la résultante OH^p a pour module $|C_p| \cos(p+1)\delta/2$. Or, la bissectrice Ox de l'angle $x_1 O x_2$ est aussi bissectrice de l'angle $\widehat{I^p O H^p}$, car

$$\widehat{x, I^p} = \widehat{x, x_1} + \widehat{x_1, I_1^p} + \widehat{I_1^p, I^p} = p\left(\alpha - \frac{\delta}{2}\right) \qquad \text{et} \qquad \widehat{x, H^p} = -p\left(\alpha - \frac{\delta}{2}\right).$$

Dès lors, la résultante des forces d'inertie d'ordre p a pour projection sur Ox :

$$X_p = C_p\left[\cos(p-1)\frac{\delta}{2} + \cos(p+1)\frac{\delta}{2}\right]\cos p\left(\alpha - \frac{\delta}{2}\right)$$
$$= 2C_p\left(\cos\frac{p\delta}{2}\cos\frac{\delta}{2}\right)\cos p\left(\alpha - \frac{\delta}{2}\right);$$

de même, la projection sur un axe Oy, tel que $\widehat{x, y} = \pi/2$, est

$$Y_p = 2C_p \sin\frac{p\delta}{2}\sin\frac{\delta}{2}\sin p\left(\alpha - \frac{\delta}{2}\right).$$

Le point X_p, Y_p, extrémité du vecteur résultant, supposé appliqué en O, décrit donc, en général, une ellipse. Cette ellipse est un cercle si

$$\operatorname{tang} p\frac{\delta}{2}\operatorname{tang}\frac{\delta}{2} = \pm 1,$$

c'est-à-dire si δ est un multiple impair de $\pi/p \pm 1$; dans ce cas, on peut annuler rigoureusement l'effet de la force d'inertie au moyen d'un contrepoids tournant à la vitesse $p\omega$. L'ellipse se réduit à une droite double si δ est un multiple entier de π/p; la résultante conserve alors une direction fixe, comme s'il s'agissait d'un moteur à cylindres en ligne; cette direction est Ox ou Oy, suivant que δ est un multiple pair ou impair de π/p.

Pour les moteurs en étoile, bornons-nous au cas où les n cylindres sont disposés à intervalle angulaire égal $\delta = 2\pi/n$, et où les bielles sont attelées directement sur le même maneton. Les vecteurs I_1^p, I_2^p, I_3^p, ... rayonnent régulièrement autour de l'axe O du vilebrequin, l'intervalle angulaire entre deux vecteurs consécutifs étant $-(p-1)\delta$; ces vecteurs ont donc une somme géométrique nulle, à moins qu'ils ne soient tous confondus, ce qui exige que $-(p-1)\delta = 2k\pi$, c'est-à-dire que $(p-1) = kn$, ou que $(p-1)$ soit un multiple entier du nombre de cylindres; la résultante des vecteurs I_1^p, I_2^p, ... tourne alors avec la vitesse angulaire $p\omega$ et elle a pour module $n|C_p|/2$, c'est-à-dire qu'elle est $n/2$ fois plus grande que le module de la force du même ordre relative à un seul cylindre; cette résultante se confond précisément avec celle des forces d'inertie d'ordre p, car la résultante des vecteurs H_1^p, H_2^p, ... est alors nulle (on montre facilement, comme pour les vecteurs I, qu'elle n'est différente de zéro que si $p+1$ est multiple de n). En résumé, il ne subsiste, dans un moteur en étoile du genre considéré, que les forces d'inertie dont l'ordre p est, à une unité près, multiple de n. Les méthodes classiques ne permettent de retrouver ce résultat qu'au bout de calculs assez laborieux.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le déplacement du périhélie de Mercure.* Note [1] de M. **Georges Maneff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

D'après Le Verrier, le déplacement du périhélie de la planète Mercure, question que l'on n'a pas encore entièrement éclaircie, est égal à 38″,3; d'après Newcomb, il est égal à 41″,25. E. Grossmann [2], ayant soumis à l'analyse les observations se rapportant aux calculs de Newcomb, trouve deux solutions : A et B, de 29″ et de 38″, qui restent au-dessous du résultat théorique fourni par les équations de la relativité, à savoir 43″. Par contre, par une analyse critique analogue, M. Chazy trouve la valeur 42″.

Dans la première partie des développements qui suivent, employons la méthode donnée par Hilbert. On part de l'élément linéaire de la théorie de la relativité (sans λ)

$$ds^2 = c^2 \frac{r-\alpha}{r} dt^2 - \frac{r}{r-\alpha} dr^2 - r^2(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta\, d\varphi^2). \tag{1}$$

A partir de (1) on cherche les géodésiques et, si $\vartheta = \pi/2$, on obtiendra les équations différentielles

$$\frac{r}{r-\alpha}\left(\frac{dr}{dp}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\varphi}{dp}\right)^2 - c^2\frac{r-\alpha}{r}\left(\frac{dt}{dp}\right)^2 = \text{A}, \tag{2}$$

$$r^2\frac{d\varphi}{dp} = b, \tag{3}$$

$$\frac{r-\alpha}{r}\frac{dt}{dp} = \text{const.} = 1. \tag{4}$$

Dans l'équation (4), la constante du second membre est arbitrairement choisie égale à l'unité, parce qu'on détermine avec elle l'unité de temps, et le paramètre p n'a pas de signification physique.

En combinant ces trois équations (2), (3) et (4), on obtient l'équation différentielle (avec $r = 1/\rho$)

$$\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2 = \frac{c^2 - \text{A}}{b^2} + \frac{\alpha \text{A}}{b^2}\rho - \rho^2 + \alpha\rho^3, \tag{5}$$

qui correspond à l'équation du problème newtonien des deux corps

$$\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2 = \frac{\text{E}}{b^2} + \frac{2k\text{M}}{b^2}\rho - \rho^2. \tag{6}$$

---

[1] Séance du 26 novembre 1934.

[2] *Zs. f. Phys.*, 5, 1921, p. 280, et *Astr. Nachr.*, **214** (5115), 1921, p. 41.

En comparant les constantes de (5) et (6), on obtient

$$c^2 - A = \underset{r \to 0}{E} \quad \text{et} \quad \alpha A = 2kM, \tag{7}$$

qui donnent $\alpha = 2kM/c^2$.

En résolvant (5) avec la constante (7), il vient

$$\varepsilon = \frac{3\pi\alpha}{a(1-e^2)} = \frac{6\pi kM}{a(1-e^2)c^2}. \tag{8}$$

C'est le déplacement du périhélie des planètes, donné par Einstein.

Mais au parallèle mathématique entre (5) et (6) doit répondre un parallèle physique. Comme dans ce cas la théorie newtonienne suppose la masse des corps célestes sphériques concentrée en leurs centres respectifs où la pression est infiniment grande; la même hypothèse doit alors être prise en considération dans la théorie de la relativité.

Or la théorie de la relativité est une théorie du champ. C'est la raison pour laquelle au lieu de la masse c'est le temps qu'il faut réduire au centre, car il faut remarquer que les horloges ne marchent pas d'une manière égale dans les différents points de la sphère des corps célestes. Avec le temps ainsi déterminé on pourra définir alors, par des raisons purement physiques, le paramètre p qui n'avait pas jusqu'ici de signification physique et par là aussi la constante du second membre de (4).

A cet effet faisons appel aux résultats du problème intérieur de Schwarzschild. Le temps est réciproque de la vitesse extérieure de la chute d'un point en repos qui tombe de l'infini à la surface de la sphère

$$v_a = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\alpha}{R}}} \frac{dR}{ds} = \sqrt{\frac{\alpha}{R_a}} = \sin\beta_a. \tag{9}$$

La vitesse de la lumière à l'intérieur de la sphère est

$$v = \frac{2}{3\cos\beta_a - \cos\beta} \tag{10}$$

et la pression

$$\rho_0 + p = \rho_0 \frac{2\cos\beta_a}{3\cos\beta_a - \cos\beta}. \tag{11}$$

En prenant $\cos\beta_a = 1/3$, au centre de la sphère ($\beta = 0$), nous obtenons $v_a = \sqrt{8/9}$ et le temps, réciproque de la vitesse de la chute, déterminera la constante (4) qui sera égale à $\sqrt{9/8}$.

Alors, au lieu de (4), (5), (7) et (8), nous obtiendrons

(12) $$\frac{r-\alpha}{r}\frac{dt}{dp}=\sqrt{\frac{9}{8}},$$

(13) $$\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2=\frac{\frac{9}{8}c^2-\text{A}}{b^2}+\frac{\alpha\text{A}}{b^2}\rho-\rho^2+\alpha\rho^3,$$

(14) $\frac{9}{8}c^2-\text{A}=\underset{\to 0}{\text{E}}$ et $\alpha_1\text{A}=2k\text{M}$, qui donnent $\alpha_1=\frac{8}{9}\frac{2k\text{M}}{c^2}$,

(15) $$\varepsilon_1=\frac{6\pi\alpha_1}{a(1-e^2)}=\frac{16\pi k\text{M}}{3a(1-e^2)c^2}.$$

Pour la planète Mercure, on obtient ainsi $38'',2$.

C'est le nombre de Le Verrier et la solution B de Grossmann.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *La relation masse luminosité et les étoiles doubles à éclipses*. Note [1] de M. **J. Ellsworth**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. La théorie d'Eddington [2] relative à l'équilibre radiatif des étoiles l'a conduit à la relation bien connue

(1) $$\text{L}=\mathfrak{M}^{\frac{7}{5}}(1-\beta)^{\frac{3}{2}}\mu^{\frac{4}{5}}\text{T}_e^{\frac{4}{5}},$$

dans laquelle L est l'intensité énergétique totale, $\mathfrak{M}$ la masse, T_e la température effective, μ la masse moléculaire moyenne; $(1-\beta)$ le rapport entre la pression de radiation et la pression totale. En ramenant les intensités énergétiques à ce qu'elles seraient pour une température fixe de 5200°, et en évaluant les magnitudes absolues bolométriques correspondantes, Eddington obtient la courbe reproduite sur la figure ci-contre.

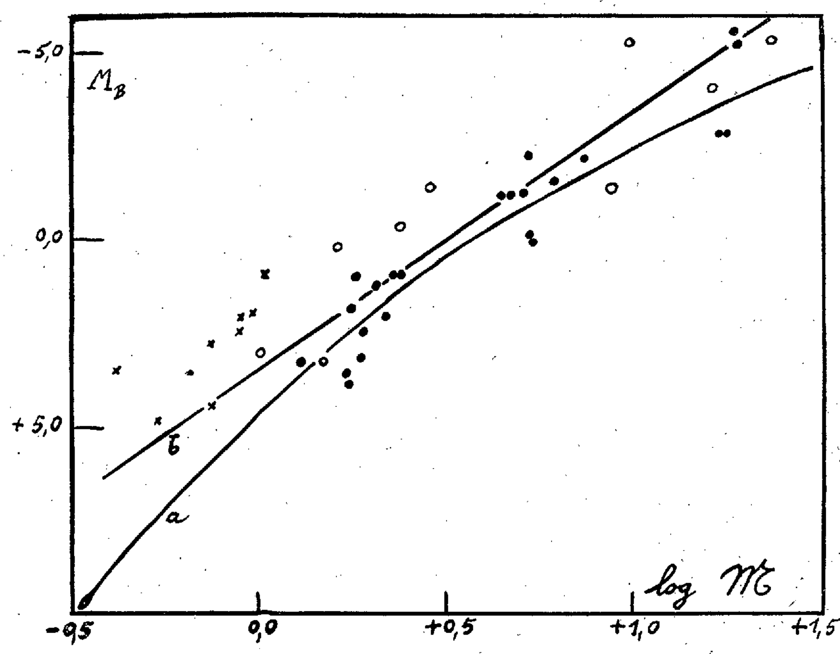
Pour soumettre cette courbe théorique au contrôle de l'observation, Eddington s'est servi des masses et des magnitudes absolues de 15 étoiles doubles visuelles, de 5 céphéides et de 13 étoiles doubles à éclipses *dont la composante principale était seule utilisée*. Ayant rassemblé les éléments photométriques et spectroscopiques de 20 systèmes doubles à éclipses dont

(1) Séance du 3 décembre 1934.

(2) Eddington, *The Internal Constitution of the Stars*, Cambrige 1926.

les deux spectres sont connus, nous nous sommes proposé de les utiliser à un nouveau contrôle de la loi masse/luminosité [1].

2. Pour avoir un système homogène de magnitudes absolues bolométriques



En abscisses, logarithme de la masse $\mathfrak{M}$, en ordonnées magnitude absolue bolométrique M_B.
● $\mathfrak{M} > 1$ pour la composante principale au moins.
× $\mathfrak{M} < 1$ pour les deux composantes.
○ $\mathfrak{M}_2 < \frac{\mathfrak{M}_1}{2}$ ou $\rho_2 < \frac{\rho_1}{2}$.
(*a*) Courbe théorique d'Eddington; (*b*) droite empirique.

triques M_B nous avons calculé celles-ci par la relation connue

$$M_B = 4,85 - 10 \log \frac{T_e}{5700} - 5 \log a. \qquad (2)$$

qui suppose les étoiles rayonnant comme des corps noirs sphériques de rayon a Les températures sont évaluées d'après le type spectral au moyen de la Table de Miss Payne [2]. Les valeurs de M_B ainsi obtenues donnent

---

(1) Les éléments sont en général empruntés à des travaux plus récents que ceux dont Eddington s'est servi et peuvent être considérés comme plus exacts. Ils seront publiés ailleurs.

(2) MISS PAYNE, *Stellar Atmospheres* (Harvard Observatory Monographs, 1925), p. 33.

dans 14 cas sur 20 la plus grande luminosité à celle qui d'après l'observation est la moins lumineuse. Cette contradiction montre que *si par hypothèse l'une des deux composantes rayonne comme un corps noir, il est impossible qu'il en soit de même pour l'autre.*

3. Afin de tourner cette difficulté, nous calculons la magnitude absolue M_B de la composante principale d'après (2); nous en déduisons celle de la composante secondaire d'après la différence de magnitude observée. *Les composantes principales confirment presque toujours la loi d'Eddington* et il en est souvent de même des composantes secondaires. En tout 27 points sur 40 se placent bien au voisinage de la courbe. Les étoiles aberrantes peuvent être rangées en deux catégories :

1° *Lorsque les masses des deux composantes sont inférieures ou au plus égales à celle du Soleil, l'intensité lumineuse de chaque composante est plus grande que ne l'indique la relation d'Eddington.*

2° *Il arrive aussi que l'intensité lumineuse de la composante secondaire soit supérieure à celle indiquée par la relation d'Eddington, lorsque la densité ρ_2 de la composante secondaire (ou la masse) est inférieure à la moitié de la densité ρ_1 (ou de la masse) de la composante principale.*

4. Dans l'ensemble, la répartition des points suggère l'existence d'une relation à peu près linéaire entre les logarithmes des masses et les magnitudes absolues bolométriques. Le coefficient de corrélation trouvé avec 40 étoiles est $C = 0,953 \pm 0,0145$. Un calcul des moindres carrés donne l'équation de la droite presque tangente à la courbe d'Eddington

$$\log \mathfrak{M} = (-0,146 \pm 0,0096)\, M_B + 0,501.$$

Avec les étoiles doubles visuelles en moyenne beaucoup moins lumineuses que les doubles à éclipses, Luyten [1], puis Hertzsprung [2] avaient trouvé des droites de pente — 0,09 et — 0,084, qui étaient aussi à peu près parallèles à la région correspondante de la courbe d'Eddington. Ils avaient utilisé des magnitudes absolues visuelles, sans correction de température effective, ce qui change peu les résultats. Les étoiles de Hertzsprung furent parmi celles dont Eddington s'est servi pour tracer la courbe masse luminosité.

---

(1) LUYTEN, *Harvard Annals*, 85, n° 5, 1923.

(2) HERTZSPRUNG, *Bull. Astron. Institutes of the Netherlands*, 2, n° 43, 1923.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Propriétés mécaniques des verres.* Note (¹) de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Wallerant.

Les essais antérieurs aux nôtres ont porté sur des lames de verre rompues par le choc d'un pendule : on obtient ainsi des nombres qui, sans avoir de valeur absolue, permettent d'utiles comparaisons entre les différentes qualités de verres. Nous nous sommes proposé d'étudier le phénomène de rupture d'une façon plus intime, en éliminant l'influence de la grandeur et de la forme de l'échantillon, pour essayer de mettre en évidence la résistance aux chocs de la matière elle-même, ou, tout au moins, de sa surface de séparation avec le milieu extérieur.

Pour obtenir un choc défini, nous avons adopté la chute verticale d'une bille sphérique en acier sur un échantillon solidaire d'un important massif de béton. La face plane qui reçoit le choc est horizontale. On observe les faits suivants :

1° Le contact des deux corps s'effectue, comme on pouvait le prévoir, suivant une surface limitée par un cercle dont le diamètre croît avec la hauteur de chute de la bille. Le plan et la sphère subissent des déformations presque parfaitement élastiques et la bille est renvoyée très près de sa position initiale (rebondissement de 47^{cm} pour une chute de 50).

2° Pour une certaine hauteur de chute, la rupture du verre s'amorce brusquement suivant le cercle de contact. Le phénomène qualitativement et quantitativement est d'une netteté remarquable (photographie 1).

3° Pour une hauteur de chute plus grande, le disque de verre décollé par le choc s'enfonce dans la masse, entraînant le décollement d'un petit paraboloïde tronqué. En même temps, la bille qui a suivi l'enfoncement du disque de contact brise les bords de la cavité, provoquant quelques éclats dont on peut voir les traces sur les photographies 2 et 3. On remarque également la projection ombrée du paraboloïde de rupture ainsi que trois lignes parallèles à sa base qui sont trois lignes d'égal retard du coin d'air en lumière violette. La figure 4 donne une coupe de la déformation.

Lorsque la déformation est faible, la petite masse de verre ainsi comprimée reprend en quelques jours sa position primitive et les phénomènes d'interférences qui signalent le décollement peuvent disparaître complètement. Il n'est alors plus possible, ni optiquement ni par un autre moyen,

(¹) Séance du 3 décembre 1934.

de déceler de discontinuité dans la masse du verre, et il y a tout lieu de croire que le contact est aussi parfait suivant l'ancienne surface de décollement qu'il l'était avant le choc. C'est ainsi que de nouvelles *figures de choc* ont pu être produites, parfaitement circulaires, et cependant coupant obliquement les figures de choc effacées, ce qui ne peut s'expliquer qu'en

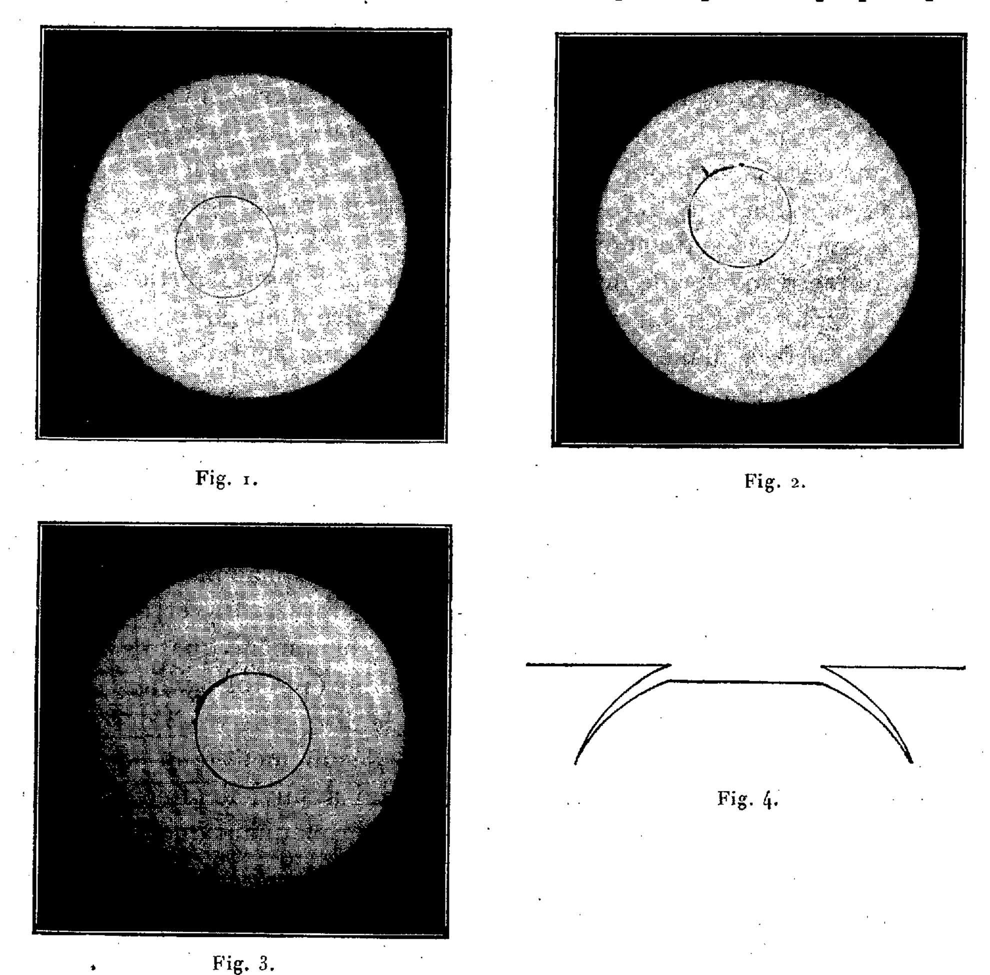


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

admettant le rétablissement des propriétés mécaniques à travers les surfaces de rupture.

Bien que l'on soit habitué à la fragilité des verres, l'ordre de grandeur des phénomènes décrits est de nature à surprendre : les figures de choc apparaissent sur le verre à glace de Saint-Gobain sous le choc d'une bille sphérique de 10^{mm} de diamètre, pesant 4^{g} environ et tombant de 17^{cm}, choc

qui correspond à une force vive de 120 g/cm par millimètre carré de surface touchée par la bille.

4° La hauteur minima de chute qui fait apparaître les figures de choc, de même que le diamètre de cette figure, dépend du poids de la bille :

Diamètre de la bille (mm)............	30,16	20	10	5
Poids (g)............................	111,84	32,53	4,06	0,50
Hauteur limite de chute (cm)..........	2	5	17	50
Diamètre de la figure de choc (mm)....	1,50	1,30	0,85	0,50
Force vive totale (g/cm)...............	224	162	68	25
Force vive par millimètre carré (g/cm)..	119	120	120	127

La proportionnalité entre la force vive et la surface de la figure de choc montre que l'on est en présence d'un phénomène relativement simple et que l'on mesure la limite de résistance à la compression brusque de la surface du verre.

Si l'on calcule, à partir de la théorie de Hertz, la pression totale exercée pendant le choc par la bille sur le plan de verre, on trouve une valeur de l'ordre de 50 kg/mm², valeur qui est comparable à celle de la résistance à la compression telle qu'on la mesure ordinairement. La théorie de Hertz n'est d'ailleurs qu'une première approximation : la sphère et le plan sont déformés bien au delà du cercle de contact car la pression au bord de ce cercle n'est pas nulle.

La méthode d'observation ci-dessus décrite peut servir de méthode de mesure pratique de la résistance aux chocs des verres.

ACOUSTIQUE. — *Nouvelle méthode optique pour l'étude de l'absorption des ondes ultrasonores par les liquides.* Note de M. **Ernst Baumgardt**, présentée par M. Paul Langevin.

Les premières recherches expérimentales sur l'absorption des ultrasons par les liquides ont été exécutées par P. Biquard [1], en mesurant, à différentes distances de la source ultrasonore, l'énergie du rayonnement, par l'intermédiaire de la pression de radiation.

L'exploration du champ ultrasonore dans les liquides peut également s'effectuer, ainsi que le suggère N. N. Malov [2], par l'étude du refroidis-

(1) P. Biquard, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 226.

(2) *Z. für Hochfrequenztechnik u. Electroakustik*, **42**, 1933, p. 115.

sement d'un fil chaud, méthode ayant déjà fourni des résultats intéressants dans l'étude de la propagation des ultrasons dans les gaz.

De nouvelles possibilités d'étude du champ ultrasonore dans les liquides résultent de la mise en évidence de phénomènes de diffraction de la lumière par les ultrasons, par P. Debye et F. W. Sears (1), d'une part, et R. Lucas et P. Biquard (2), d'autre part. Utilisant ce phénomène, P. Biquard (3), a indiqué une méthode optique pour mesurer l'absorption des ultrasons par les liquides. Des essais analogues, bien que restant qualitatifs, ont été exécutés depuis par R. Wyss (4).

La nouvelle méthode optique que je veux décrire est basée sur l'interprétation théorique de ces phénomènes de diffraction, proposée par R. Lucas et P. Biquard (5).

Considérons, avec ces auteurs, un liquide soumis à l'action des ultrasons. A un instant t déterminé, il existe à l'intérieur de ce liquide une distribution sinusoïdale de pression et par conséquent d'indice. Il est possible alors de calculer, dans un tel milieu, les trajectoires suivies par des rayons lumineux qui pénétreraient dans le liquide parallèlement au plan des ondes ultrasonores. R. Lucas et P. Biquard ont montré que ces rayons lumineux convergent vers des lignes focales, parallèles au plan des ultrasons et distantes entre elles de la longueur des ondes ultrasonores. Cette convergence se produit, pour la première fois, à une distance y du plan d'incidence donnée par la relation

$$y = 1,57 \frac{\Lambda\sqrt{2}}{\pi} \frac{n_0}{\sqrt{\mu(n_0^2-1)(n_0^2+2)}} \frac{1}{\sqrt{\delta p}}, \tag{1}$$

dans laquelle n_0 désigne l'indice du liquide, μ son coefficient de compressibilité, δp la variation de pression due aux ondes élastiques et Λ la longueur d'onde des ultrasons.

Les positions de ces lignes focales varient au cours du temps du fait de la propagation des ultrasons, mais il est possible de les rendre fixes par une méthode stroboscopique, la lumière incidente traversant, par exemple, une cellule de Kerr excitée à la fréquence même des ultrasons. C'est par un procédé de ce genre que Bachem (6) a pu photographier ces lignes focales

(1) P. Debye et F. W. Sears, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 18, 1932, p. 409.
(2) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132.
(3) P. Biquard, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 257.
(4) R. Wyss, *Helv. Phys. Acta*, 7, 1934, p. 406.
(5) R. Lucas et P. Biquard, *J. de Phys.*, 3, 1932, p. 464.
(6) Ch. Bachem, *Z. für Phys.*, 87, 1934, p. 734.

et en déduire la vitesse de propagation des ultrasons dans le liquide étudié, et que P. Debye, H. Sack et F. Coulon [1] ont mis en évidence le changement de fréquence de la lumière diffractée par les ultrasons.

En observant le liquide à l'aide d'un microscope, mis au point sur un plan situé à une distance y du plan d'incidence des rayons lumineux, on pourra déterminer expérimentalement la puissance ultrasonore qu'il est nécessaire d'émettre pour obtenir la focalisation des rayons lumineux dans ce plan. Cette puissance prendra respectivement les valeurs $\overline{\omega}_1$ et $\overline{\omega}_2$ pour des observations effectuées à des distances z_1 et z_2 du plan de la source émettrice d'ultrasons. Comme la puissance d'un rayonnement ultrasonore est proportionnelle au carré de l'amplitude de pression, il résulte de la formule (1) que

$$\overline{\omega}_1 e^{-2\alpha_a z_1} = \overline{\omega}_2 e^{-2\alpha_a z_2}, \tag{2}$$

α_a étant le coefficient d'absorption des ultrasons.

La mesure de $\overline{\omega}_1$ et de $\overline{\omega}_2$ permettra donc d'obtenir la valeur du coefficient α_a :

$$\alpha_a = \frac{1}{2(z_1 - z_2)} \operatorname{Log}_e \frac{\overline{\omega}_1}{\overline{\omega}_2}. \tag{3}$$

Les ultrasons étant produits à l'aide d'un quartz piézoélectrique par la méthode de P. Langevin [2], la mesure des puissances $\overline{\omega}_1$ et $\overline{\omega}_2$ est obtenue en mesurant l'intensité du courant de haute fréquence qui traverse le quartz.

Remarquons enfin que, si le liquide est le siège d'un système d'ondes ultrasonores stationnaires, ce que l'on obtient facilement en utilisant un interféromètre acoustique du type de celui décrit par G. W. Pierce [3], il n'est plus nécessaire de se servir du dispositif stroboscopique. Il suffit alors de tenir compte du fait que la distribution de pressions moyennes dans le liquide est la même que celle qui serait fournie par une onde simple de fréquence double.

---

(1) P. Debye, H. Sack et F. Coulon, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 922.
(2) P. Langevin, Brevet français n° 502913 du 29 mai 1916.
(3) G. W. Pierce, *Proc. Am. Acad. Arts a. Sci.*, 63, 1928, p. 1.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence de la charge initiale du condensateur sur les phénomènes transitoires obtenus à l'enclenchement d'un circuit ferro-résonnant.* Note de M. **Edmond Rouelle**, présentée par M. Paul Janet.

J'ai exposé (¹) comment l'instant d'enclenchement et le flux rémanent influençaient l'établissement des régimes permanents, à fort ou faible courant, dans le domaine où tous deux sont également observables.

Les possibilités de variation indéfinie du paramètre v_0 lui confèrent une action plus importante encore et permettent de varier à l'infini l'aspect de la période transitoire. Les amplitudes de i, v et u_s, qui, en l'absence de v_n, croissaient toujours dans les deux ou trois premières alternances, peuvent maintenant croître ou décroître suivant les valeurs de τ et φ_r. Il existe même, pour chaque valeur de la tension appliquée U, quatre combinaisons de τ, φ_r et v_0, pour lesquelles l'amplitude demeure invariable, le régime permanent (à faible ou fort courant) étant établi dès l'enclenchement; elles correspondent aux valeurs que prennent u, φ, v, sous la tension considérée et dans le régime désiré, à l'instant où le courant s'annule, soit en croissant, soit en décroissant. C'est autour des conditions ainsi définies que se sont d'abord étendues mes investigations.

1. *Action d'une variation de v_0, à partir des conditions d'établissement immédiat d'un des régimes permanents.* — Si, sans changer les autres paramètres, on fait passer, par exemple, la tension initiale du condensateur de v'_0 à v_0, le régime transitoire qui se superpose au régime permanent résulte, en première approximation, de la décharge à travers la bobine, du condensateur préalablement chargé sous la tension $(v_0 - v'_0)$ (²), Toutefois, lorsque $v_0 - v'_0$ dépasse quelques dizaines de volts, l'approximation cesse d'être valable, et, dès que cette différence est assez grande, le régime permanent obtenu n'est plus le même que sous v'_0.

Si l'on part des conditions d'établissement immédiat du fort courant, on met ainsi en évidence deux valeurs de v_0, au delà desquelles on aboutit au faible courant, soit par défaut, soit par excès de charge initiale. Ce dernier résultat, assez inattendu, s'explique par le fait que, pour $v_0 > v'_0$, les amplitudes commencent par décroître; l'élongation atteinte au premier nœud de l'oscillation est d'autant moindre que v_0 est plus élevé, et comme le facteur

(¹) E. Rouelle, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1103.

(²) Ce serait rigoureux si la bobine était sans fer.

d'amortissement augmente, simultanément, l'oscillation est, finalement, trop amortie pour rétablir le fort courant.

A partir des conditions d'établissement immédiat du faible courant, c'est seulement lorsqu'on augmente suffisamment v_0 qu'on aboutit au fort courant.

L'étude de ces deux cas simples m'a permis, par analogie, l'interprétation de cas plus compliqués, choisis d'après les variations de la tension intermédiaire U_i, définie dans ma Note précitée.

2. *Variation de* U_i *en fonction de* τ. — L'expérience a été réalisée sur le circuit déjà décrit (*loc. cit.*), avec ou sans flux rémanent, pour des tensions v_0 respectivement égales à 60 volts et 120 volts ([1]). Dans tous les cas, la périodicité est celle de la source; chaque courbe présente, dans l'étendue d'une période, un large palier sensiblement horizontal et un maximum très aigu. Les ordonnées sont moindres qu'en l'absence de charge initiale, sauf au voisinage immédiat du maximum, atteint pour τ peu supérieur à T/4.

Pour 60 volts, l'ordonnée du maximum est pratiquement indépendante de φ_r, et voisine de la tension critique U_1; celle du minimum est d'autant moindre que le flux rémanent est, algébriquement, plus grand, mais l'abaissement de ce minimum, par rapport au cas de charge nulle, atteint sa plus grande valeur en l'absence de flux rémanent (15 volts contre 10 avec $\varphi_r > 0$, et 1 volt avec $\varphi_r < 0$).

Lorsque v_0 passe de 60 à 120 volts le maximum et le minimum de chaque courbe s'abaissent, et se déplacent vers les τ positifs; ces deux effets sont d'autant plus importants que φ_r est plus grand, en valeur algébrique. Sous 120 volts le minimum est voisin de la tension critique inférieure U_2; le maximum reste assez élevé; l'amplitude de la variation de U_i atteint 70 pour 100 de sa valeur moyenne.

3. *Variations du* U_i *en fonction de* v_0. — La forme des courbes $U_i(\tau)$ nous apprend que, lors de l'enclenchement sous une tension comprise entre les valeurs critiques U_1 et U_2 ([2]), la présence d'une charge résiduelle du condensateur accroît, considérablement, la probabilité d'établissement du régime stable à fort courant. Cependant, lorsqu'on impose à U, τ et φ_r, un système de valeurs constantes, cette probabilité ne varie pas toujours dans

---

([1]) Je n'ai utilisé que des tensions v_0 négatives; les nombres cités dans la présente Note sont des valeurs absolues.

([2]) U_1 et U_2 sont définies pour un circuit et une fréquence donnés.

le même sens que v_0. J'ai déjà cité, au paragraphe n° 1, un cas dans lequel un accroissement de v_0 favorise, au contraire, l'établissement du faible courant. Pour généraliser cette première constatation, j'ai relevé les variations de la tension intermédiaire U_i, en fonction de v_0, pour quelques valeurs de τ et φ_r.

L'essai, poussé jusqu'à 400 volts, donne, suivant les cas, des courbes d'aspect fort différent, soit que U_i tombe assez rapidement au voisinage de U_2, pour se relever ensuite très lentement, soit qu'on observe, au contraire, une suite de maxima et minima plus ou moins accentués, après lesquels la courbe demeure enfin voisine de U_2. Dans ce dernier cas, si la tension U est maintenue constante, entre certaines limites, et qu'on modifie v_0 sans changer les autres paramètres, on met en évidence jusqu'à cinq valeurs critiques de v_0 (en dessous de 400 volts, et il y en a vraisemblablement encore au delà) de part et d'autre desquelles le régime établi est différent.

L'explication de toutes les particularités observées est, au premier abord, malaisée, mais des oscillogrammes, relevés aux points remarquables, m'ont permis de les justifier de façon satisfaisante.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur la réversibilité des phénomènes piézoélectriques.* Note de M. **P. Bernard**, présentée par M. Ch. Fabry.

On a utilisé pour la mesure des pressions des gaz, développées par la combustion des poudres en vase clos (bombes manométriques) ou dans le canon, un appareillage comportant un manomètre à quartz relié sans amplification, ni relais, aux plaques déviatrices du faisceau cathodique d'un oscillographe Dufour.

Dans le présent travail on a étudié à l'aide de ce dispositif la réversibilité des phénomènes piézoélectriques aux pressions croissantes (compressions) et décroissantes (décompressions). Les variations de pressions réalisées correspondent sensiblement tant par leur valeur maximum que par l'allure de la courbe de leur développement en fonction du temps, aux régimes envisagés de combustion de poudres.

De tels développements de pressions de valeurs maximum connues ont été obtenus pour ces essais à l'aide d'un dynamomètre à huile.

Cette étude comprend deux types d'essais :

1. *Enregistrements complets et séparés.* — *a*, d'une courbe de développement d'une compression de valeur connue ;

b, d'une courbe de développement d'une décompression de valeur connue.

Pression du fluide dans le dynamomètre (kg/cm²)......	2050	2350
Pression sur le quartz (kg/cm²)......................	228	261
Différence des pressions du fluide enregistrées (compression-décompression) (kg/cm²)......................	—8	—17

Les valeurs des pressions du fluide enregistrées, à la compression et à la décompression, concordent à moins de 1 pour 100 près, c'est-à-dire à l'ordre de grandeur de la dispersion des mesures expérimentales.

II. *Enregistrement d'une courbe de développement de pressions comprenant une compression suivie d'une décompression égale.* — Compression et décompression se suivent à intervalle de temps assez réduit pour que les pertes de charges électriques développées dans le quartz n'aient qu'une valeur négligeable.

Dans ces conditions la courbe de développement des pressions se termine d'une façon exacte et certaine sur l'axe zéro initial des pressions nulles en fin de décompression, et, par suite, il y a compensation des actions électriques développées à la compression et à la décompression.

Ces essais ont été effectués aux differentes pressions dynamométriques de 2600, 1700, 500 kg/cm², soit aux pressions sur le quartz de 289, 189 et 56 kg/cm².

Ces résultats établissent, dans le cas de pressions à variations très rapides (de l'ordre de la milliseconde) et pour des pressions sur le quartz allant jusqu'à 289 kg/cm², la réversibilité à la compression et à la décompression des charges développées dans le quartz.

IONISATION DES GAZ. — *Sur la propagation des ondes électriques; explication des échos.* Note de MM. **Théodore Ionescu** et **Constantin Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons montré [1] qu'on peut retrouver les résultats expérimentaux obtenus en étudiant la réflexion normale des ondes électriques, si l'on admet une distribution continue et croissante de l'ionisation N avec la hauteur h et si l'on tient compte du rapport $\mathcal{T}/T$ dans le calcul de l'indice de réfraction n et dans celui du coefficient d'extinction k ; dans ce rapport $\mathcal{T}$ représente le temps entre deux chocs d'un électron contre les molécules, et T la période de l'onde employée. Dans cette Note nous nous proposons

---

[1] T. Ionescu et C. Mihul, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1305.

d'expliquer, pour les mêmes conditions de l'ionisation, la grande portée des ondes électriques courtes et le phénomène des échos.

Étant donné que $dn/dh < 0$, les ondes à incidence oblique vont être réfléchies totalement par le phénomène de mirage. Pour les rayons à incidence rasante, les sommets des trajectoires se trouvent près de la limite inférieure de l'ionosphère; à mesure que l'incidence croît, les sommets montent plus haut pour arriver finalement à la hauteur du niveau où se fait la réflexion partielle, pour l'incidence normale. En même temps leur portée, qui est de 2000^{km} approximativement, pour l'incidence rasante, décroît jusqu'à zéro pour l'incidence normale.

En faisant varier la longueur d'onde, on voit que pour $\lambda > 100^m$ la réflexion a toujours lieu dans la région où $\mathfrak{T} < T$. Pour des λ comprises entre 100^m et $79^m,37$ les sommets des rayons, pour chaque λ, se rangent entre les confins inférieurs de l'ionosphère et une limite supérieure, située à la hauteur où $T < \mathfrak{T} < 2T$. Pour des λ comprises entre $79^m,37$ et $69^m,34$ cette limite est à la hauteur où $2T < \mathfrak{T} < 3T$, etc.

La portée de ces ondes est toujours relativement petite ($< 2000^{km}$) sauf pour les rayons qui ont leurs sommets tout près des hauteurs où $\mathfrak{T}$ est un multiple entier de T ($\mathfrak{T} = lT$). Pour ces hauteurs, particulières pour chaque λ, les conditions sont telles $[dn/dh \to 0$ et $k = 0]$ qu'un train d'ondes qui a là son sommet, suit une telle couche ($\mathfrak{T} = lT$) à l'infini, pouvant faire plusieurs fois le tour de la terre. Dans ces couches l'énergie de l'onde ne se perd que par les renvois vers la terre, par petites quantités. Comme on le voit ces couches sont de véritables canaux par lesquels l'énergie des ondes est transportée à de grandes distances.

Ces canaux ont une autre propriété remarquable : c'est qu'à leurs hauteurs la vitesse des signaux a des valeurs minima. Pour les canaux d'un certain ordre μ cette vitesse diminue à mesure que λ devient plus grande. Elle tend vers zéro quand λ s'approche de la valeur pour laquelle la réflexion sous l'incidence normale a lieu exactement à la hauteur où $\mathfrak{T} = \mu T$. Par exemple pour le premier canal cette vitesse est : $v = c/1,29$ pour $\lambda = 69^m,33$; $v = c/1,49$ pour $\lambda = 79^m,36$; $v = c/2,33$ pour $\lambda = 87^m,35$; $v = c/4,28$ pour $\lambda = 96^m$; $v = c/8,87$ pour $\lambda = 99^m$; $v = c/89$ pour $\lambda = 99^m,99$ et zéro pour $\lambda = 100^m$. Si pour un certain λ l'ionosphère a plusieurs canaux (petite λ), cette vitesse décroît avec leur ordre. Ainsi pour $\lambda = 69^m,33$ il y a trois canaux : $\mathfrak{T} = T$ avec $v = c/1,29$; $\mathfrak{T} = 2T$ avec $v = c/2,24$ et $\mathfrak{T} = 3T$ avec $v = c/93$. Une telle onde peut faire le tour de la terre ($40\,000^{km}$) par ces trois voies en $0'',173$, $0'',299$ et $12'',7$ respectivement. On peut donc

recevoir deux échos à courte durée et un à grande durée. On voit que l'observation des signaux à grande durée n'est qu'un cas particulier. Tels échos peuvent être observés seulement pour des λ inférieures, mais très proches, de l'une de celles pour lesquelles la réflexion normale a lieu pour $\mathfrak{T} = l\mathrm{T}$. Le signal qui donne lieu à ces échos doit être envoyé sous une incidence très voisine de l'incidence normale.

Dans la radiotélégraphie et la radiotéléphonie la réception de trois signaux au lieu d'un, peut donner lieu à des complications fâcheuses. On en élimine deux en réglant au départ l'incidence du faisceau. De la sorte on peut faire que l'énergie émise ne pénètre que dans l'un des trois canaux, et même en concentrant le faisceau, on peut faire que la quantité de cette énergie soit grande. En considérant les absorptions que l'onde subit jusqu'à son arrivée dans une telle couche, on voit que le plus avantageux est le premier canal ($l = 1$).

Dans nos calculs nous avons toujours admis que N est proportionnel à $\mathfrak{T}$. En réalité les variations de N sont plus compliquées, N passant nécessairement par un maximum, de sorte qu'il y aura des ondes (les plus courtes) qui vont traverser l'ionosphère pour des incidences voisines de l'incidence normale. Ces ondes sont réfléchies par l'effet de mirage seulement pour des incidences assez grandes. Pour ces ondes il y a autour du poste d'émission une zone de silence. Cependant le fait que l'absorption qu'elles subissent dans les zones de passage jusqu'à la hauteur du canal décroît en même temps que λ, rend leur emploi très précieux pour la transmission à grandes distances.

Remarque. — La théorie que nous venons d'exposer exige pour $\mathfrak{T}$ des valeurs très petites. Ainsi pour $\lambda = 75$ la réflexion normale a lieu à la hauteur de 220^{km}. La valeur de $\mathfrak{T}$ à cette hauteur exige que la pression soit ici supérieure à 3×10^{-6} mm Hg et cela en admettant que la vitesse des électrons n'y est pas trop différente de celle de la lumière; c'est ce que nous avons admis. Ces électrons ne sont pas évidemment dus à l'ionisation par la lumière ultraviolette. Ils viennent directement du soleil avec une vitesse voisine de la vitesse de la lumière.

ATOMISTIQUE. — *Calcul de la perturbation d'un atome hydrogénoïde par un électron libre*. Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Fabry.

Le champ électrostatique d'un électron s'approchant d'un atome à une distance de l'ordre de quelques dizaines d'angströms est suffisant pour modifier notablement la distribution des électrons périphériques de l'édifice atomique. Cette perturbation se traduit par une décomposition et un déplacement de raies spectrales (effets Stark des divers ordres) ainsi que par l'apparition d'un moment de polarisation donnant lieu à une énergie potentielle d'interaction entre l'atome et l'électron libre. La détermination directe de cette énergie, évaluée jusqu'à présent à l'aide d'hypothèses simples, présenterait l'avantage de fournir une donnée immédiatement utilisable dans les calculs de collisions.

Considérons un atome hydrogénoïde dans lequel nous supposons que l'électron périphérique est seul troublé de manière appréciable par le champ perturbateur. En unités atomiques, l'équation ondulatoire non relativiste de ce dernier s'écrit

$$\Delta\psi + (\mathrm{E} - 2\mathrm{V})\psi = 0.$$

L'énergie totale E est alors exprimée en multiples de l'énergie d'ionisation de l'hydrogène. Quant à l'énergie potentielle V, elle est la somme de deux termes V_1 et V_2 relatifs au champ du noyau et à celui de l'électron perturbateur. On sait que l'équation ondulatoire est équivalente à l'équation variationnelle

$$\delta\int[(\mathrm{grad}\,\psi)^2 - (\lambda - 2\mathrm{V})\psi^2]\,d\tau = 0.$$

la constante λ satisfaisant à cette équation étant identique à la valeur caractéristique E de l'énergie.

Suivant le procédé de Ritz, on peut chercher à représenter la fonction ψ relative à l'électron périphérique perturbé par une charge fixe située à une distance ξ du noyau atomique par un développement en série limitée de fonctions convenablement choisies :

$$\psi = \psi_0 + a_1\psi_1 + a_2\psi_2 + \ldots + a_m\psi_m.$$

Le premier terme ψ_0 correspond à l'état non perturbé ($\xi = \infty$), les autres représentent la modification de distribution qui constitue la polarisation de

l'atome. La somme $a_1\psi_1 + \ldots + a_m\psi_m$ doit s'annuler au voisinage du noyau atomique car la perturbation y devient insensible par suite de la prépondérance du potentiel dû au noyau; elle s'annule également à l'infini comme ψ.

La droite qui joint le noyau à l'électron perturbateur étant un axe de symétrie pour le système, il est avantageux de prendre pour coordonnées d'un point M ses distances r et ρ au noyau et à l'électron perturbateur, ainsi que l'angle azimutal φ définissant le plan passant par M et l'axe de symétrie. Les ψ_j sont alors des fonctions inconnues de r, ρ, ξ. On peut avoir une indication sur la forme de celles-ci en considérant le cas asymptotique de l'effet Stark du deuxième ordre pour un atome soumis à un champ électrique uniforme.

Pour l'atome d'hydrogène dans l'état fondamental 1 S dont la fonction ondulatoire non perturbée est (au coefficient de normalisation près) e^{-r}, la fonction ψ devient, comme l'a montré Hassé ([1]), dans un champ électrique uniforme :

$$\psi = e^{-r}(a + br + c\rho + dr\rho),$$

le développement étant, dans ce cas, limité à quatre termes par suite de l'évanescence des coefficients des puissances plus élevées. Il est donc naturel de chercher à représenter la configuration de l'atome d'hydrogène perturbé par un électron situé à une distance ξ de son noyau assez grande par rapport aux dimensions atomiques par un développement en série double de la forme

$$\psi = e^{-r}\sum_m \sum_n A_{mn} r^m \rho^n.$$

Par l'emploi de coordonnées bipolaires, l'expression de V est très simplifiée ($V_1 = -1/r$, $V_2 = 1/\rho$) et l'intégrale à varier :

$$J = \int \{(\mathrm{grad}\,\psi)^2 - (\lambda - 2[V_1 + V_2])\psi^2\}\, d\tau$$

se présente sous forme d'une somme d'intégrales étendues à tout l'espace du type

$$I_{mn} = \frac{2\pi}{\xi} \iint e^{-2r} r^m \rho^n \, dr\, d\rho.$$

Le calcul en est aisé et, pour un ξ donné, λ s'exprime uniquement en fonc-

([1]) Hassé, *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, 26, 1930, p. 542.

tion des A_{mn}. Ceux-ci sont déterminés par les conditions de minimum

$$\frac{\partial\lambda}{\partial A_{mn}} = 0.$$

On voit donc la possibilité d'obtenir par des calculs assez longs mais sans faire intervenir d'autres hypothèses sur la polarisation atomique que la possibilité du développement des ψ en série de puissances :

1° la distribution de charge correspondant à l'électron périphérique perturbé;

2° la valeur des termes spectraux perturbés;

3° la valeur E_p de l'énergie potentielle d'intraction entre l'atome et l'électron libre égale à

$$E_p = -\frac{2}{\xi} + \int \frac{2}{\rho}\psi^2\, d\tau,$$

dans le système d'unités précédemment choisi.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi des photoéléments à couche d'arrêt au sélénium pour la mesure et l'enregistrement d'éclairements très intenses.* Note de M. **Georges Liandrat**, présentée par M. A. Cotton.

Grundmann et Kassner [1] ont étudié le comportement de photoéléments au sélénium sous l'influence prolongée d'éclairements supérieurs à 10000 lux. Ils ont conclu qu'on ne saurait les utiliser pour l'enregistrement de la lumière du jour. La polémique engagée ultérieurement à ce sujet, par Bergmann [2] et par Sewig [3], n'a guère porté sur la nature des altérations constatées, ni sur la cause des variations de sensibilité, variations réversibles avec inertie prolongée qui, après la période d'évolution initiale, accompagnent toute variation de l'éclairement.

Ces variations, par leur allure, rappellent de très près les phénomènes d'inertie qui prolongent toute augmentation temporaire de la conductivité du sélénium, initialement provoquée par la lumière ou même par une élévation de température [4]. Elles s'interprètent donc, sans difficulté, comme la conséquence des *variations de conductivité de la couche d'arrêt.* Le fait qu'elles se produisent encore si la résistance du circuit extérieur est

(1) W. Grundmann et Kassner, *Phys. Zeit.*, 35, 1934, p. 16-20.
(2) L. Bergmann, *Phys. Zeit.*, 35, 1934, p. 450-452.
(3) R. Sewig, *Phys. Zeit.*, 35, 1934, p. 564-565.
(4) A. Mittmann, *Zeit. f. Phys.*, 88, 1934, p. 366-371.

presque nulle n'est pas un argument sérieux contre cette interprétation; on oublie en effet que, dans les conditions où l'on opère, la résistance de la couche limite photo-émettrice tombe à quelques centaines ou quelques dizaines d'ohms. La résistance de la couche épaisse de sélénium, qui n'est atteinte que superficiellement par la lumière, et celle de la couche limite postérieure, dont l'existence ne peut guère être mise en doute [1], restent par contre inaltérées et ne sont plus du tout négligeables devant la résistance de la couche limite photo-émettrice. Elles s'opposent donc à la mise en court-circuit des deux faces de celle-ci, et la réduction à l'extrême de la résistance de l'appareil de mesure ne suffit plus pour empêcher qu'une fraction notable du courant photoélectrique soit dérivée à travers la couche d'arrêt elle-même. Une élévation uniforme de température, par contre, réduit simultanément les trois résistances et n'altère pas sensiblement le courant photoélectrique mesuré, si la résistance du galvanomètre est très faible. Ainsi se trouvent surmontées les contradictions apparentes rencontrées par les expérimentateurs ci-dessus.

J'ai repris leurs observations en enregistrant, pendant plusieurs semaines, le courant fourni par des photoéléments de fabrication française, sous l'action d'éclairements compris entre 5000 et 30000 lux, obtenus au moyen de lampes à incandescence, alimentées sous tension constante, fréquemment contrôlée. Pour diminuer beaucoup les effets d'inertie, j'ai constaté qu'il suffisait de réduire l'intensité de la partie rouge et infrarouge de la lumière utilisée, en interposant un filtre comme le verre Corning Light Aklo 396 (ou Medium Aklo 397). On arrive à rendre les variations de sensibilité inférieures à 2 ou 3 pour 100, sans réduire de plus de moitié l'intensité du flux utile, au moins avec les photoéléments dont la sensibilité n'est pas supérieure à 250 microampères par lumen.

Il résulte, d'autre part, de l'explication proposée, que c'est en réduisant d'abord l'épaisseur de la couche de sélénium, puis en cherchant à réduire l'importance de la couche limite postérieure, que l'on peut espérer faire reculer encore l'importance des variations de sensibilité. La détermination des diagrammes d'impédance dans le domaine des fréquences musicales, et leur analyse suivant la méthode de calcul préconisée déjà dans un but théorique [1], fourniraient précisément le moyen de rechercher systématiquement quelle surface métallique et quel traitement thermique sont susceptibles de donner, avec le sélénium, un contact sans couche d'arrêt.

---

[1] G. LIANDRAT, *J. de Phys.*, 5, 1934, p. 179-183.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le mode d'action des limiteurs de décapage.* Note de M. **G. Lejeune**, présentée par M. G. Urbain.

Lorsque l'on cherche à débarrasser une tôle, soit de la rouille, soit de la calamine, par action d'un acide fort, on observe à côté de la dissolution de l'oxyde une attaque du métal, attaque qui se traduit par une dissolution du métal qui se pique et par un dégagement d'hydrogène.

Si l'on ajoute certaines substances, telles que la gélatine, à la solution acide, on constate que la dissolution n'est pas entravée, alors que l'attaque du métal est fortement diminuée. Cette observation est mise à profit dans l'industrie, mais il ne semble pas que le mécanisme de cette action soit explicité au point de vue théorique.

Dans ce but, j'ai étudié l'action de solutions sulfuriques à différentes températures, en présence de quantités variables de gélatine sur des baguettes de fer pur Armco de 5^{mm} de diamètre et de 10^{cm} de longueur. Les baguettes sont soigneusement nettoyées puis pesées. On les pèse de nouveau après un temps donné d'immersion dans les solutions étudiées. La comparaison des pertes de poids des différentes baguettes donne une mesure directe de l'action du limiteur de décapage.

Les premiers résultats obtenus en présence de gélatine sont les suivants, la perte de poids dans la solution acide sans limiteur étant prise arbitrairement égale à 100.

	Perte de poids		
	à 50°.	à 80°.	à 100°.
Acide sulfurique à 10 pour 100 en volume..........	100	100	100
Acide additionné de 0,5 pour 100 de gélatine.......	55	23	22
» 1 »	54	17	15
» 2 »	55	23	19
» 0,5 » .... (la solution étant normale en SO^4Fe)	53	17,5	14

On voit donc en première approximation que la gélatine agit à faible concentration, cette action étant plus ou moins importante suivant la température mais n'étant que très peu influencée par la concentration en gélatine. On peut expliquer cette observation en rappelant que la réaction $SO^4H^2 + Fe = SO^4Fe + H^2$ est en réalité une réaction ionique. Le métal tend à laisser passer en solution des ions Fe^{++} et se charge négativement. En même temps, en certains points, et particulièrement sur les hétéro-

généités, il y a décharge des ions H^+ présents dans la solution et dégagement d'hydrogène.

Le potentiel d'une électrode de fer en présence d'une solution normale de sels ferreux est de 0,09 volt. C'est grâce à cette différence de potentiel qu'il y a décharge des ions hydrogène.

Or j'ai montré précédemment (¹) que la présence de colloïdes, de gélatine en particulier, crée un obstacle au dégagement de l'hydrogène en produisant une surtension qui élève le potentiel de décharge des ions hydrogène, surtension qui va de 0,04 à 0,08 volt suivant la nature du métal qui forme la cathode.

La présence de gélatine diminue donc artificiellement la polarisation du métal et en s'opposant à la décharge des ions hydrogène réduit par là même le passage d'ions ferreux dans la solution, ce qui se traduit par un ralentissement important de l'attaque du métal.

La théorie proposée revient à lier l'action du limiteur de décapage à la faculté que possède ce dernier de créer une augmentation de la tension cathodique nécessaire pour la décharge des ions hydrogène. Les substances qui ont la propriété d'agir sur la tension cathodique doivent donc pouvoir jouer le rôle de limiteur de décapage. Des expériences sont en cours, pour établir un parallélisme entre ces deux propriétés.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'applicabilité de la loi électrochimique de Nernst à des solutions extrêmement diluées. Les potentiels normaux du bismuth et du polonium.* Note de M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai mesuré les potentiels critiques, dits potentiels de décomposition de seconde espèce, du dépôt cathodique de solutions très diluées du nitrate de bismuth en employant les isotopes de celui-ci, RaE et ThC, comme indicateurs radioactifs. Le dispositif employé était celui de F. Joliot (²), dans lequel les électrodes sont partiellement transparentes au rayonnement radioactif et en connexion avec un appareil électrométrique qui permet de mesurer directement l'ionisation produite par le dépôt et d'en déduire la vitesse du dépôt en fonction du potentiel. Les solutions du nitrate ont été préparées par dilutions successives à partir de la même solution mère

(¹) C. Marie et G. Lejeune, *J. Chim. phys.*, 22, 1925, p. 488.

(²) *J. Chim. phys.*, 24, 1930, p. 119.

et additionnée de RaE (pour des concentrations comprises entre 10^{-5} et $8.10^{-9}n$) ou de ThC (de 10^{-9} à 10^{-12}). L'acidité (en NO^3H) des solutions était comprise entre 0,5 et 1,8n. Étant donné l'extrême dilution des solutions et leur acidité, il est légitime d'admettre que tout le bismuth s'y trouve à l'état dissous et ionisé. Les mesures ont été effectuées à 18° C. et par rapport à l'électrode de calomel, mais les valeurs données ci-après sont calculées par rapport à l'électrode d'hydrogène; chaque nombre représente une moyenne de 2 à 4 mesures dont l'écart maximum est de 4, mais le plus souvent de 2 à 3 centivolts.

Concentration de Bi.	Potentiel critique mesuré.	Potentiel normal de Bi/Bi^{+++}.
$10^{-5}n$	+0,131	+0,227
$10^{-6}n$	+0,017	+0,232
$8,5.10^{-9}n$ (RaE)	+0,079	+0,231
$1.10^{-9}n$	+0,038	+0,211
$10^{-10}n$	+0,035	+0,227
$3.10^{-12}n$ (ThC)	0,000	+0,227
Moyenne	–	+0,226

Dans la 3e colonne du tableau sont données les valeurs du potentiel normal de l'électrode Bi/Bi^{+++}, calculées en admettant que la loi électrochimique de Nernst est applicable à ces dilutions. On voit que la concordance est suffisante pour justifier, pour la méthode employée et dans les limites des erreurs expérimentales, l'application de la loi.

Le potentiel critique est indépendant de la nature de la cathode (Au ou Ag); il ne varie pas non plus de façon appréciable avec la nature de l'acide (nitrique ou acétique). On observe toutefois un notable retard pour l'établissement de l'équilibre entre les ions déposables et l'électrode. Si, en effet, on se met à mesurer le potentiel critique immédiatement après l'introduction de la solution dans la cellule électrolytique, on constate que des quantités importantes de Bi commencent à se déposer à des potentiels bien plus positifs que ceux que l'on calcule d'après la loi de Nernst. Mais, au bout d'un certain temps, qui dépend surtout du potentiel appliqué, le dépôt se redissout plus ou moins rapidement, le potentiel étant maintenu pratiquement constant. En continuant alors à polariser graduellement les électrodes, le bismuth et ses isotopes recommencent à se déposer, cette fois au potentiel calculé, et sans se redissoudre. Ce phénomène est surtout marqué dans les solutions de concentration inférieure à $10^{-8}n$.

En prenant la moyenne des 16 mesures obtenues avec des solutions des

diverses concentrations, on trouve pour le potentiel normal de Bi/Bi^{+++}, à 18°C., la valeur $+0,226 \pm 0,015 v$. Ce nombre est en très bon accord avec les valeurs trouvées par d'autres auteurs à l'aide de méthodes entièrement différentes.

Il semble que ce résultat nous autorise à calculer les potentiels électrochimiques normaux des électrodes Po/Po^{++++} et Po/Po^{+++} pour lesquels les potentiels critiques de dépôt n'ont pu être mesurés en solution de concentration supérieure à $10^{-8} n$. En adoptant pour l'électrode Po/Po^{++++} ($10^{-9} n$) la valeur $+0,645 \pm 0,015 v$ (moyenne des mesures effectuées par plusieurs auteurs) et pour l'électrode Po/Po^{+++} ($10^{-9} n$) la valeur $+0,38 \pm 0,03 v$ [1], on calcule les potentiels normaux suivants :

$$Po/Po^{++++} : +0,775 \pm 0,015,$$
$$Po/Po^{+++} : +0,53 \pm 0,03.$$

SPECTROSCOPIE. — *Structure de la raie* K *du glucinium et électrons de conductibilité*. Note [2] de M. **A. Hautot**, présentée par M. Ch. Fabry.

Une étude précise de la structure de la raie K du glucinium a été faite par A. Hautot à l'aide d'un spectrographe à réseau concave tangent donnant une dispersion élevée; le résultat s'interprète bien à partir de l'hypothèse simple des électrons de conductibilité L libres. Désignons par n_T le nombre d'électrons dont l'énergie est comprise entre T et $T + \Delta T$, et par $f(T)$ la probabilité pour qu'un de ces électrons tombe sur la couche K; l'intensité de la raie K émise par ces électrons est proportionnelle à $n_T f(T)$.

La répartition des électrons libres du métal entre les différentes cellules d'énergie de la statistique quantique permet d'écrire (au zéro absolu)

$$n_T = \frac{4\pi(2m)^{\frac{3}{2}} V}{h^3} T^{\frac{1}{2}} \Delta T. \tag{1}$$

La probabilité de transition $f(T)$ est proportionnelle à $\nu^4 \mathcal{M}^2$, ν étant la fréquence de la radiation et $\mathcal{M}$ le moment électrique total de l'atome. On a d'ailleurs $\mathcal{M}_x = \int x \psi_e \psi_K \, dV$ (et des valeurs similaires pour $\mathcal{M}_y$ et $\mathcal{M}_z$), en désignant par ψ_e la fonction d'onde relative à un électron libre et par ψ_K

(1) M. Haïssinsky et M. Guillot, *J. Phys.*, 5, 1934, p. 419.
(2) Séance du 3 décembre 1934.

la fonction d'onde relative à un électron de la couche K du Gl. On sait que ces fonctions sont du type

$$\psi_e = e^{\frac{2\pi i}{h}(p_x x + p_y y + p_z z)} \quad \text{et} \quad \psi_K = e^{-\frac{r}{a}},$$

a désignant le rayon de la première orbite de Bohr dans le cas de Gl. On trouve

$$(2) \qquad f(T) \text{ prop. à } \frac{\nu^4 T}{\left[1+\frac{T}{\Delta}\right]^6} \text{ c'est-à-dire à } \frac{T}{\left[1+\frac{T}{\Delta}\right]^2}.$$

Dans cette formule, Δ est l'énergie caractéristique $h^2/8\pi^2 ma^2$ d'un électron de la couche K; c'est l'énergie correspondant au début de la raie, c'est-à-dire à la valeur $T = 0$ (97,4 volts dans le cas de Gl) [1].

On a donc finalement

$$(3) \qquad I_T \text{ prop. à } \frac{T^{\frac{1}{2}}}{\left[1+\frac{T}{\Delta}\right]^2}.$$

La largeur totale de la raie se déduit de la formule (1) en évaluant le nombre N d'électrons libres contenus dans le volume $V = 1^{cm^3}$ de Gl; puisque $N = \rho n$, n étant le nombre d'électrons libres par atome et ρ le nombre d'atomes contenus dans 1^{cm^3} de Gl, on peut écrire

$$n\rho = \frac{4\pi(2m)^{\frac{3}{2}}}{h^3}\int_0^{T_{max.}} T^{\frac{1}{2}}\,\Delta T = \frac{8\pi}{3}\frac{(2m)^{\frac{3}{2}}}{h^3} T_{max.}^{\frac{3}{2}}.$$

La largeur totale de la raie en unités d'énergie (volts) est donc égale à

$$(4) \qquad T_{max.} = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3n\rho}{8\pi}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

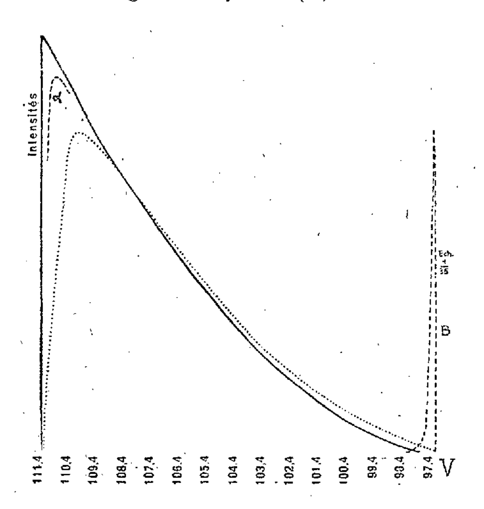
L'expression (3) présente un maximum pour $T = 3\Delta = 292,2$ volts; ce maximum ne peut donc être atteint puisque, d'après (4), T_{max} est égal à 13,8 volts. Il résulte de là que la courbe d'intensité de la raie K de Gl est une courbe croissante ayant la forme ci-contre (trait plein); la courbe expérimentale est marquée en pointillé (la courbe expérimentale se rapporte au glucinium pur; la présence d'impuretés modifie fortement l'aspect

---

(1) Un calcul semblable avait été fait par Houston (*Physical Review*, 38, 1931, p. 1797), mais, à cette époque, la structure de la raie était mal connue.

de cette courbe). La *largeur* observée coïncide très bien (à 0,5 volt près) avec la valeur théorique; on a donc bien $n = 2$ pour Gl. Au point de vue des *intensités*, il y a aussi une concordance satisfaisante, sauf pour les valeurs élevées de T; cependant cet écart pourrait s'expliquer ainsi :

1° A l'énergie T précédemment calculée s'ajoute une énergie thermique dont la valeur moyenne est égale à $3/2 k\theta$ (0,1 volt environ pour $\theta = 1000°$).



La loi de Maxwell permet de voir qu'une partie des électrons dont l'énergie est T au zéro absolu ont, à la température θ, une énergie supérieure à T de 2 ou 3 dixièmes de volt; sur la figure on a amorcé un fragment α de la courbe théorique réelle au voisinage de T_{max}. Un calcul plus précis, basé sur la statistique de Fermi, conduit à un résultat équivalent.

2° Une autre partie de l'écart est due à l'erreur expérimentale portant sur la définition de la raie (erreur ne dépassant pas ici 0,1 ou 0,2 volt) et à l'erreur portant sur la définition du microphotomètre (0,4 volt environ).

En résumé, l'hypothèse des électrons libres permet d'interpréter de manière satisfaisante la raie K de Gl (largeur et intensité). Sur la figure on a porté en β une branche de la courbe d'intensité théorique que l'on obtiendrait en admettant, comme dans la théorie cinétique classique, que l'énergie des électrons libres est purement thermique : l'étude de la structure de la raie K de Gl paraît apporter ainsi une confirmation remarquable de la distribution des électrons en cellules d'énergie prévue par la mécanique quantique. Des essais précis relatifs à d'autres métaux sont en cours.

OPTIQUE. — *Anisotropie et structure des verres à vitre.*
Note de M. **Paul Gaubert**.

Les plaques de verre mince sont considérées comme isotropes, mais, comme je vais le montrer dans cette Note, cette conception est loin d'être exacte et la structure de ces lames peut même être très complexe.

La biréfringence des verres à vitre est très faible et pour la mettre en évidence, une lame examinée, sur la tranche, au microscope polarisant et entre nicols croisés, doit avoir au moins 15^{mm} sur le trajet des rayons lumineux. Les lames porte-objet du commerce, les plaques photographiques, les disques de verre fournissent des matériaux d'étude faciles à se procurer.

L'étude des propriétés optiques montre que ces plaques correspondent à une lame cristalline uniaxe optiquement négative, dont l'axe est perpendiculaire à la plaque. Les lames les plus biréfringentes, examinées en lumière convergente, montrent une croix noire. Celle-ci est obtenue avec une grande netteté en superposant de 3 à 6 lamelles couvre-objet. Les résultats sont donc identiques à ceux fournis par l'examen d'une lame de gélatine desséchée (H. Bouasse), mais ici la biréfringence est beaucoup plus élevée. J'ai obtenu, en effet, avec des lames desséchées ayant une épaisseur de $0^{mm},25$, les nombres suivants :

$$n_0 = 1,5410, \quad n_e = 1,5398; \qquad n_0 - n_e = 0,0012.$$

La biréfringence des lames de verre est trop faible pour être évaluée en mesurant les indices de réfraction; il faut en effet, avec les plus biréfringentes, au moins une épaisseur sur la tranche de 150^{mm} pour avoir un retard d'une longueur d'onde.

Les lames de verre, dans le cas où elles sont homogènes au point de vue optique, sont donc équivalentes à une lame cristalline et l'expression de lame cristalline *équivalente* employée par H. Bouasse [1] doit leur être appliquée, en ajoutant suivant cet auteur que l'anisotropie n'entraîne pas l'état cristallin.

Mais toutes les lames ne sont pas homogènes et elles présentent des structures très variées, en ne tenant pas compte des anomalies produites par la rupture au moyen d'un diamant :

---

[1] H. Bouasse, *Optique cristalline. Double réfraction,* 1925, p. 386.

1° La biréfringence diminue d'un bord à l'autre de la plaque, d'une manière continue, sans qu'il ait changement de signe optique;

2° Les deux bords de la lame sont d'un signe optique différent;

3° Les bandes extérieures de la lame, de même signe optique, sont séparées par une zone médiane de signe différent, comme dans les glaces épaisses étudiées par Mascart.

4° Dans les trois cas considérés, la biréfringence varie d'une manière continue d'une face à l'autre de la plaque, mais il n'en est pas toujours ainsi. Très souvent, la tranche de la lame montre des zones parallèles aux bords, très nettement séparées les unes des autres par des contours rectilignes et par l'inégalité de leur biréfringence particulière à chacune d'elles. Ce qui est remarquable, c'est que toutes ces bandes qui s'éteignent rigoureusement suivant leur longueur, n'ont pas le même signe optique; les unes, surtout les intérieures, sont positives, les autres négatives, l'axe optique étant toujours perpendiculaire à la lame. Examinées en lumière parallèle, avec les nicols croisés, elles donnent une image rappelant celle des macles polysynthétiques des feldspaths.

Le nombre et l'épaisseur des zones est variable d'un échantillon de vitre à l'autre. J'ai observé plus de 20 bandes sur une plaque de $1^{mm},5$ d'épaisseur. Les unes ont à peine 1/100e de millimètre d'épaisseur, tandis que dans la même lame, 3 atteignaient $0^{mm},15$. Souvent des plaques homogènes montrent dans leur intérieur de 1 à 5 bandes de 1 à 2/100e de millimètre d'épaisseur, plus biréfringentes que le reste de la plaque et tantôt positives, tantôt négatives. Il est à remarquer qu'une légère flexion de la lame modifiant sa biréfringence peut mettre en évidence l'existence des zones.

La structure zonée n'est pas modifiée par la chaleur, du moins jusqu'à 500°.

Étant donné les causes de la formation des zones (recuit et refroidissement de la vitre provoquant des contractions ou des extensions perpendiculairement à la lame), il n'y a pas de règle pour leur distribution et leur épaisseur en passant d'un bord de la plaque à l'autre. Elles se continuent sur une étendue plus ou moins grande. J'ai constaté qu'une lame de 30^{cm} de long sur 10^{cm} de large présentait les mêmes zones, mais j'ai vu aussi sur des lames porte-objet de 25^{mm}-75^{mm} des modifications graduelles des bandes dans lesquelles la biréfringence se modifie et même disparaît. Malgré cela, il est souvent facile, étant donné un morceau de verre, de reconnaître la plaque dont il a été détaché.

J'ai aussi examiné quelques verres sphériques et cylindriques (ballons,

ampoules, verres de lampe, tubes à essai). Presque toujours, ils sont biréfringents et l'axe optique est perpendiculaire à la surface. Mais parfois le verre est biaxe. Avec un tube de 8^{mm} de diamètre, j'ai constaté que le plan des axes optiques était perpendiculaire à l'axe du cylindre (bisextrice négative).

M. A. Lacroix ([1]) a observé dans les tectites des faits auxquels ceux qui précèdent peuvent être rattachés. Il a constaté la présence de bandes biréfringentes de signe optique différent, produites par la trempe.

En résumé, les plaques de verre à vitre équivalent à une lame cristalline dont l'axe optique est perpendiculaire à la surface. Mais elles ne sont pas toujours homogènes, très souvent elles montrent des lamelles parallèles à la surface, d'épaisseur très inégale, de biréfringence différente, les unes optiquement positives et les autres négatives.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la radioactivité induite par des neutrons.* Note ([2]) de M. **Wenli Yeh**, présentée par M. Jean Perrin.

I. J'ai établi ([3]) que les périodes des radioéléments créés par induction des neutrons suivent une loi logarithmique et j'ai interprété ce fait comme étant une preuve expérimentale de l'existence des couches de neutrons dans les noyaux.

Dans la présente Note je commencerai par examiner la relation qui lie les périodes avec le nombre de protons contenus dans les radioéléments artificiels en supposant que les noyaux sont formés par des neutrons et des protons. Ceci a une importance particulière si nous supposons avec E. Fermi ([4]) et Fr. Perrin ([5]) que la radioactivité β est la transformation dans le noyau d'un neutron en proton avec émission d'une particule β et d'un ergon de charge nulle et de masse pratiquement nulle.

L'examen du graphique ([6]) nous montre deux faits remarquables :

([1]) A. Lacroix, *Arch. du Mus. d'Hist. nat.*, 6e série, 8, 1932, p. 203.

([2]) Séance du 3 décembre 1934.

([3]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1209.

([4]) *Zeit. f. Phys.*, **88**, 1934, p. 171.

([5]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1725, et **198**, 1934, p. 2086.

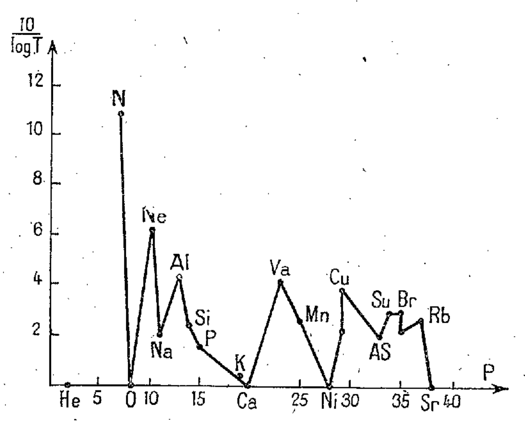
([6]) Les radioéléments artificiels de $T = 40''$ n'ont pas été identifiés, il est probable que ce soit l'isotope Ne^{23}_{10} formé à partir de Na^{23}_{11} et Mg^{26}_{12} par émission respective d'un proton et d'un hélion. L'isotope Ne^{23}_{10} n'ont pas été trouvés par Bainbridge (*Phys. Rev.*, **43**, 1933, p. 1060 et Bleakney, *Phys. Rev.*, **43**, 1933, p. 1056). Pour les données expérimentales voir aussi Bjerge-Wescott, *Nature*, **134**, 1934, p. 10 et 286.

1° Dans chaque couche les valeurs de 10/logT décroît d'une valeur maximum jusqu'à la fin des couches.

2° Sa valeur maximum décroît aussi quand le numéro d'ordre des couches croît.

Même remarque que dans la précédente Note (*loc. cit.*) pour les cas entre Al, Na et As, Se (sous-couche).

II. Je n'ai pas pu figurer les points correspondant aux éléments inférieurs à l'Azote, les données expérimentales manquant encore. Pour cette région, on peut supposer que les périodes soient trop longues ou trop courtes pour qu'on puisse les évaluer. Mais d'après les lois que j'ai fait ressortir dans le



Courbe de périodes des radioéléments créés par induction des neutrons.

paragraphe précédent, on voit que l'existence de ces radioéléments est possible.

Le cas du deuton ^2_1H est intéressant à examiner de plus près, car son comportement vis-à-vis des neutrons nous renseignera s'il existe des neutrons ^2_0n et sa mode de formation (Chambre de Wilson). On peut écrire en effet l'équation de réaction

$$^2_1H + ^1_0n \rightarrow ^2_0n + \hat{p} \rightarrow ^2_1H + \overset{\wedge}{\beta}.$$

Il y aurait donc, après émission d'un proton, ou bien formation d'un neutron ^2_0n instable ou bien deux neutrons ^1_0n qui se séparent.

III. Enfin on peut remarquer que la valeur calculée de 10/logT du potassium correspond bien à un point du graphique ci-dessus. En effet la période de K^{41}_{19} étant $7,5.10^{10}$ ans d'après les expériences de Mulhoff [1] et de

(1) *Ann. der Phys.*, 7, 1930, p. 205.

G. V. Hevesy-Seith-Pahl ([1]), je trouve que

$$\frac{10}{\log T} = 0,57.$$

Ce qui est bien l'ordre de grandeur prévue. La radioactivité β du potassium se trouve donc normalement vers la fin du groupe alors qu'elle est très anormale, comme valeur de la période et relation entre période et énergie ([2]) d'un radioélément spontané.

On peut donc penser qu'il est possible que lors de la constitution nucléaire des éléments, certains isotopes, sous l'action de neutrons et d'autres particules chargées (α, ${}^{2}_{1}H$, etc.), deviennent radioactifs et de périodes trop courtes (telles que nous observons aujourd'hui dans les radioéléments artificiels) pour qu'on puisse encore les trouver aujourd'hui dans la nature, tandis que certains autres auraient des périodes assez longues que nous pouvons mesurer aujourd'hui, ce seraient les éléments K, Rb, Sa.

Dans cet orére d'idées, on peut remarquer que la valeur de Rb 10/logT correspondant à Rb^{87}_{37} (en supposant que la radioactivité β du rubidium est due à l'isotope Rb^{87}_{37}) se place aussi en un point voisin du graphique.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Forces et liaisons nucléaires.* Note de M. **Walter M. Elsasser**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré ([3]) que les forces entre les particules constituant les noyaux atomiques dépendent de l'orientation relative des moments magnétiques de ces particules. Il y a une attraction si les moments magnétiques sont antiparallèles et une répulsion s'ils sont parallèles. Nous allons maintenant appliquer ce modèle aux questions de la structure nucléaire. De façon générale, la présence en quantités égales de forces attractives et répulsives explique le fait, fondamental pour la structure nucléaire, que la densité moyenne des noyaux et l'énergie moyenne de liaison par particule tendent vers une valeur limite ([4]). Les intéractions entre particules de la même espèce ont été récemment introduites par Guggen-

---

([1]) *Zeit. f. Phys. chem.*, *Bodensteinfest*, *Band*, 1931, p. 309.

([2]) Anderson et Nedermeyer ont fait remarquer que ces valeurs du K ne se laissent pas placer sur la courbe de Sargent (*Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 653-654).

([3]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1213.

([4]) W. Heisenberg, *Journ. de Phys.*, 5, 1935, p. 475.

heimer (¹) à la base d'un vaste matériel expérimental. Elles sont environ de la même grandeur que l'intéraction neutron-proton.

Considérons d'abord le diplon. Les spins sont parallèles. Comme nous l'avons énoncé au début de la Note précédente, une énergie d'intéraction considérable se produit seulement si les deux particules se recouvrent [volume comparable à $(2R)^3$]. D'après les relations d'incertitude, l'énergie cinétique est alors de l'ordre de grandeur de 10^8 e-volts et l'énergie potentielle doit être du même ordre de grandeur, l'énergie de liaison étant petite par rapport à ces valeurs. On ne saurait expliquer ces faits dans le cadre de la théorie actuelle. Il faut d'ailleurs remarquer qu'à l'intérieur de cette région la notion du point matériel perd complètement sa signification. A l'extérieur, la fonction propre décroît assez lentement comme $r^{-1}\exp(2\pi h^{-1} r\sqrt{-2mW})$, où W est la valeur propre. C'est cette partie de la fonction propre qui produit les rayons nucléaires assez grands (par exemple 8R pour l'hélion) que l'on mesure lors des expériences de choc.

Considérons ensuite l'hélion. Dans ce système nous avons six combinaisons en paires possibles, dont quatre attractives et deux répulsives. Chaque nouvelle particule quel que soit son spin, subit deux attractions et deux répulsions. L'hélion est donc un système fermé.

Les noyaux plus complexes peuvent en une certaine approximation être considérés comme composés d'hélions jusqu'au calcium environ. A partir de là, le type de la structure nucléaire change (²) et dans les noyaux plus lourds l'arrangement en couches prédomine (³). L'auteur a introduit la notion de *sous-groupe*, système de particules plus fortement liées entre elles qu'avec le reste du noyau. On peut maintenant préciser ce terme. A part les hélions, ce sont surtout les combinaisons de particules en paires qui constituent les sous-groupes. Les arrangements de particules de la même sorte ayant les spins opposés donnent la partie prépondérante de l'énergie de liaison comme l'a remarqué Guggenheimer et comme il résulte du fait que les noyaux qui contiennent un nombre pair de neutrons et de protons n'ont jamais de spin.

Puisque les forces agissent sur une courte distance seulement, on ne pourra guère parler d'un potentiel « global » comme cela a été fait dans les travaux de l'auteur. Il faut pourtant expliquer pourquoi les couches se

---

(¹) K. Guggenheimer, *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 475.
(²) W. M. Elsasser, *Journ. de Phys.*, 5, décembre 1934 (sous presse).
(³) W. M. Elsasser, *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 389.

manifestent par des discontinuités très fortes de l'énergie de liaison. Il semble exister une cause physique qui favorise la formation des couches. Le recouvrement de deux particules, qui est à la base de la liaison nucléaire, sera maximum si, dans la décomposition self-consistante de la fonction propre, les fonctions partielles se recouvrent au maximum. Un nombre maximum de particules tend donc à se grouper sur la même orbite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation des alliages ferreux par le glucinium.* Note de M. **Joseph Laissus**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai montré [1] comment les alliages ferreux pouvaient être cémentés par du chrome, du tungstène, du molybdène, du tantale et divers autres éléments. En me plaçant dans les mêmes conditions, j'ai étudié la cémentation du fer et des aciers ordinaires au carbone, par le glucinium. Cette étude m'a permis de mettre en évidence les résultats suivants :

1° *Au point de vue du diagramme des alliages fer glucinium.* — La solubilité du glucinium dans le fer semble pouvoir être admise. Cette solubilité variable avec la température paraît être limitée par une courbe convexe du côté du fer pur. Il y a formation d'un eutectique (solution solide-combinaison $FeGl^2$). La présence du carbone ne paraît pas modifier les phénomènes dans leur allure générale.

2° *Au point de vue du mécanisme de la diffusion.* — Quellle que soit la nature du cément utilisé, glucinium pur ou ferro-glucinium (80 pour 100), la cémentation du fer pur ou des aciers ordinaires au carbone se manifeste, dans tous les cas, par un mécanisme se traduisant par la formation successive des constituants, prévue par le diagramme d'équilibre Fe-Gl, c'est-à-dire, de la solution solide au composé défini du type $FeGl^2$, en passant par l'eutectique. On obtient ainsi des couches cémentées dont l'épaisseur peut atteindre 6 à 7 dixièmes de millimètre. A signaler, dans le cas des aciers ordinaires au carbone, l'existence d'une zone de décarburation progressive, s'étendant parfois en profondeur sur plusieurs millimètres.

3° *Au point de vue des propriétés nouvelles apportées par la cémentation.*

A. *Dureté superficielle.* — La dureté superficielle des alliages ferreux est considérablement augmentée du fait de la cémentation par le ferro-glu-

---

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 2040; **182**, 1926, p. 465 et 1152, et *Thèse de Doctorat*, Paris, juin 1927.

cinium (80 pour 100). Les résultats exposés, dans le Tableau I, permettent de constater que, du fait du traitement, l'acier extra doux et l'acier demi-dur atteignent la dureté des aciers trempés. Quant à la valeur de la dureté déterminée pour l'acier eutectoïde $\Delta = 1506$, elle peut être considérée comme l'une des plus élevées obtenues sur produits métallurgiques.

B. *Oxydation à haute température.* — La cémentation de l'acier extra doux par le ferro-glucinium (80 pour 100) diminue la valeur de l'indice d'oxydation à haute température présenté par cet acier non cémenté. Le Tableau II met ce fait en évidence : les valeurs de l'indice d'oxydation α représentent le nombre de milligrammes d'oxygène fixé par centimètre carré de surface de l'échantillon.

C. *Résistance à la corrosion.* — La cémentation par le glucinium constitue un excellent moyen de protection du fer et des aciers au carbone, contre la formation de la rouille par action directe des intempéries, par immersion continue ou alternée dans l'eau ordinaire ou dans l'eau de mer et par exposition au brouillard salin.

TABLEAU I.

Nature des produits.	Dureté « Brinell Vickers » superficielle. Témoins non cémentés.	Cémenté par du ferro-glucinium (80 %) pendant 10 heures à 1000°.	1100°.
Fer électrolytique	138	268	318
Acier extra-doux ($C = 0,12$)	176	554	628
Acier demi-dur ($C = 0,36$)	201	733	642
Acier eutectoïde ($C = 0,90$)	250	1506	1267

TABLEAU II.

Température d'oxydation.	Valeur de l'indice de corrosion α au bout de 30 heures. Acier extra-doux ($C = 0,12$) non cémenté.	Acier extra-doux ($C = 0,12$) cémenté par du ferro-glucinium (80 %) pendant 5 heures.
700°	35,0	18,4
800	83,3	34,3
900	196,2	101,4
1000	249,2	195,9

Si la couche cémentée obtenue est bien homogène, la cémentation par le ferro-glucinium protège l'acier extra doux contre la corrosion par l'acide nitrique. D'autre part, l'indice de corrosion de l'acier extra doux cémenté est abaissé par rapport à celui observé pour le même acier non cémenté dans le cas de l'attaque par l'eau chlorée et l'eau de Javel. Par contre, la cémentation par le ferro-glucinium accélère la corrosion par l'acide chlorhydrique, l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide oxalique et l'acide tartrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'influence du mode d'immersion des éprouvettes dans les essais de corrosion.* Note de MM. **Jean Cournot** et **Marcel Chaussain**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons cherché à préciser l'influence du mode d'immersion des éprouvettes sur les résultats de corrosion. Les expériences, effectuées à 35°, avec l'eau de mer artificielle normalisée de l'Aéronautique, et sur éprouvettes de 50^{mm} de hauteur, 45^{mm} de largeur et environ 1^{mm} d'épaisseur, suspendues verticalement, ont consisté en :

1° immersions et émersions alternées conformes aux conditions normalisées de l'Aéronautique;

2° immersions partielles exécutées comme suit : l'éprouvette était, au début de l'essai, complètement immergée dans le liquide d'attaque, de façon que son bord supérieur soit à 5^{mm} au-dessous du niveau du liquide; on ne touche plus à rien pendant toute la durée de l'expérience; la température de 35° maintenue automatiquement dans l'étuve provoque une évaporation lente et le niveau du liquide descend doucement, l'éprouvette émergeant peu à peu; l'essai est arrêté lorsque le niveau du liquide se trouve à 5^{mm} au-dessous du bord inférieur de l'éprouvette; l'essai, dans les conditions expérimentales choisies, durait vingt jours;

3° immersions totales, le montage étant le même qu'au début de l'essai précédent et le niveau du liquide étant maintenu par des additions périodiques d'eau distillée;

4° immersions totales profondes, le niveau du liquide étant également maintenu en place, mais l'éprouvette étant immergée à environ 500^{mm} de profondeur de liquide.

La durée de vingt jours a été étendue à tous les essais; ceux-ci ont été exécutés sur de l'aluminium pur, du duralumin, du fer armco, de l'acier doux ordinaire; nous avions ainsi, à côté de deux métaux purs, deux alliages riches en ces métaux et contenant les additions et impuretés usuelles, ce qui donnait deux modes différents de corrosion : attaque uniforme et attaques localisées.

Les éprouvettes avaient été préalablement décapées au jet de sable, lavées et dégraissées au trichloréthylène.

Nous avons observé la progression de l'attaque et déterminé les pertes de poids réelles; le tableau donne ces variations, en gramme par éprouvette, chaque résultat étant la moyenne de deux essais :

	Immersions et émersions alternées.	Immersions partielles par évaporation.	Immersions totales faibles.	Immersions totales profondes.
Aluminium pur........	0,054	0,120	0,089	0,074
Duralumin............	0,129	0,299	0,151	0,105
Fer Armco............	4,317	0,457	0,230	0,165
Acier ordinaire........	5,149	0,553	0,267	0,197

On voit que l'influence du mode d'immersion est considérable et que, d'autre part, le sens des variations est différent suivant que l'on s'adresse aux produits légers ou aux produits ferreux.

Dans le premier cas, la corrosion est nettement accélérée par la nouvelle méthode; cela était d'ailleurs à prévoir si l'on songe aux attaques violentes constatées à l'affleurement, dans les immersions partielles ordinaires de tels métaux; ce nouvel essai, permettant de promener la ligne d'affleurement du haut en bas de l'éprouvette, devait donc donner une activation intéressante; ces résultats confirment nos prévisions.

Dans le cas des alliages ferreux au contraire, l'essai le plus accéléré est, de beaucoup, celui des immersions et émersions alternées.

Tous ces résultats sont en accord avec la nature des produits de la corrosion, leur opacité ou leur porosité, la plus ou moins grande vitesse de leur développement. Ces essais permettent aussi d'intéressantes comparaisons entre les susceptibilités corrosives des métaux et alliages étudiés suivant le genre d'immersion et en fonction de l'aération du liquide d'attaque.

Il semble bien résulter que l'essai d'immersion progressivement décroissante par évaporation représenterait, sous des conditions expérimentales bien déterminées, une méthode activée des plus intéressantes pour les études à la corrosion des métaux comme l'aluminium, le magnésium et leurs alliages, et aussi pour l'étude de certaines protections superficielles; des essais complémentaires sont en cours sur ces différents points.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates des aluminates, sulfoaluminate et chloroaluminate de calcium.* Note de M. **Jacques Lefol**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'avais étudié l'existence d'hydrates de plusieurs aluminates et sels doubles de calcium en employant la méthode de déshydratation thermique de M. Guichard ([1]). J'ai contrôlé les résultats obtenus par le procédé suivant que m'a conseillé M. Dubrisay : le corps à examiner est placé dans un exsiccateur dans lequel la tension de vapeur d'eau est maintenue constante grâce à la présence d'un mélange d'acide sulfurique et d'eau en proportions connues (solutions de Regnault). On conserve le tout à une température fixe (20° dans le cas présent) et l'on apprécie les variations de poids jusqu'au moment où l'équilibre est atteint.

On répète la même expérience dans une série d'exsiccateurs contenant des solutions de Regnault différentes et dans l'un d'eux de l'anhydride phosphorique. Il y a augmentation ou diminution de poids, suivant que la tension régnant dans l'atmosphère est supérieure ou inférieure à la tension de décomposition de l'hydrate.

J'ai essayé l'application de la méthode sur un sel dont les hydrates sont bien connus et étudiés, tel le sulfate de cuivre. Magnier de la Source ([2]) et Lescœur ([3]) ont indiqué l'existence d'hydrates à 1, 3 et 5 H^2O.

Je suis parti de $SO^4Cu.5H^2O$. D'après Lescœur, cet hydrate très stable a une tension de dissociation de 6^{mm} de Hg à 20°. J'ai constaté que sous une tension de vapeur égale ou inférieure à $5^{mm},8$, $SO^4Cu.5H^2O$ se transforme en hydrate à $3H^2O$, qui se décompose en $SO^4Cu.1H^2O$ pour une tension de vapeur que j'ai trouvée égale ou inférieure à $0^{mm},85$,

Je n'ai pas noté la réversibilité parfaite des phénomènes en partant de $SO^4Cu.1H^2O$ ou de SO^4Cu anhydre même en attendant durant 7 mois un équilibre avec ce dernier corps. L'hydrate à $5H^2O$ ne se forme que pour une tension égale ou supérieure à $8^{mm},5$. Ces observations confirment cette opinion de Lescœur : le sulfate de cuivre pentahydraté perd son eau avec la plus grande difficulté et la réabsorbe avec lenteur.

Le même procédé appliqué à des aluminates et sels doubles de calcium

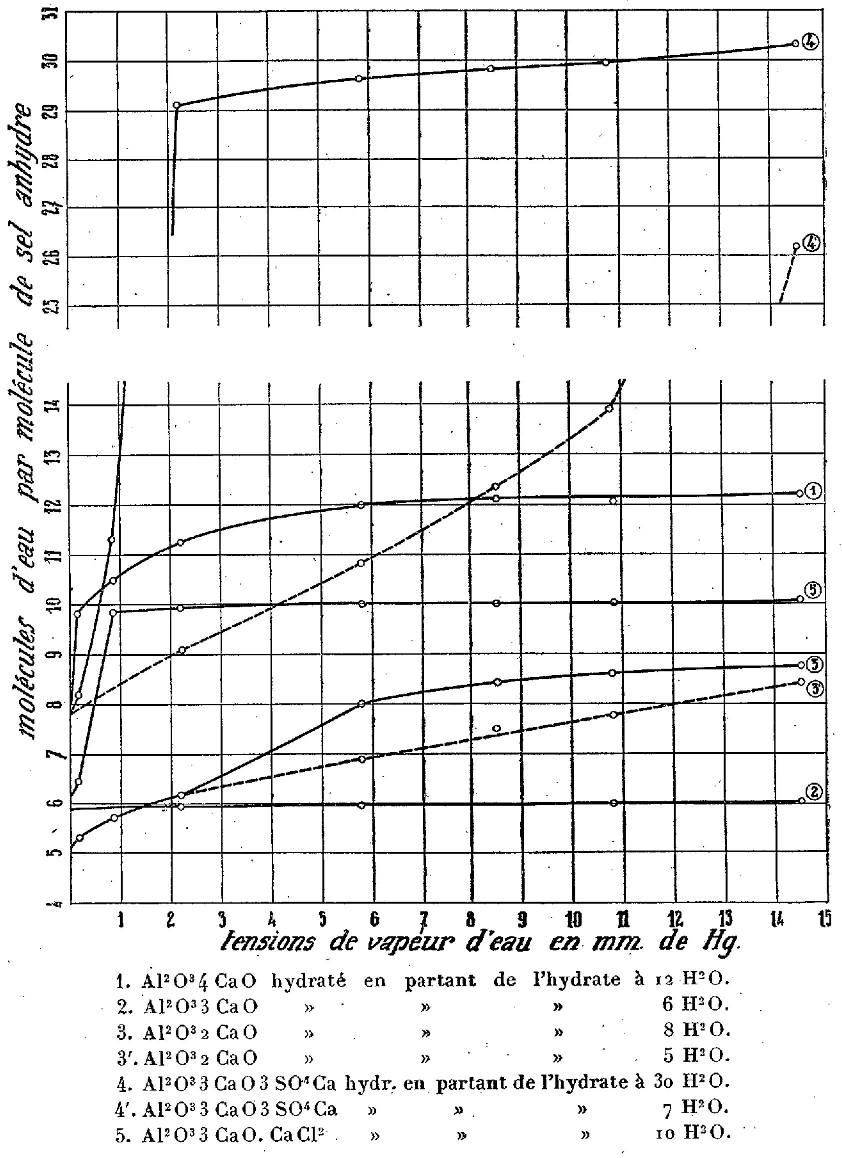
---

([1]) J. Lefol, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 919, et **198**, 1934, p. 1858.

([2]) Magnier de la Source, *Comptes rendus*, **83**, 1876, p. 899.

([3]) Lescœur, *Comptes rendus*, **102**, 1886, p. 1466, et **103**, 1886, p. 1260.

hydratés m'a conduit aux résultats représentés par le graphique. Les tensions de vapeur d'eau sont portées en abscisses et le nombre de molécules d'eau retenues par molécule de sel anhydre en ordonnées.



1. $Al^2O^3 4 CaO$ hydraté en partant de l'hydrate à $12 H^2O$.
2. $Al^2O^3 3 CaO$ » » » $6 H^2O$.
3. $Al^2O^3 2 CaO$ » » » $8 H^2O$.
3'. $Al^2O^3 2 CaO$ » » » $5 H^2O$.
4. $Al^2O^3 3 CaO 3 SO^4Ca$ hydr. en partant de l'hydrate à $30 H^2O$.
4'. $Al^2O^3 3 CaO 3 SO^4Ca$ » » » $7 H^2O$.
5. $Al^2O^3 3 CaO. CaCl^2$ » » » $10 H^2O$.

1° $Al^2O^3.4CaO.12H^2O$ se déshydrate seulement et se transforme, en milieu sec, en un hydrate à $8H^2O$. Le phénomène est réversible.

2° $Al^2O^3.3CaO.6H^2O$ (cubique) est le plus stable de tous les hydratés

étudiés; il ne change pas sensiblement de poids quelle que soit la tension de vapeur du milieu en contact, ce qui est en accord avec les résultats obtenus par Thorvaldson et Grace [1].

3° $Al^2O^3 . 2CaO . 8H^2O$ gagne ou perd de l'eau suivant la tension de vapeur ambiante, ce qui explique les hydrates variés rencontrés par certains auteurs et confirme les résultats de R. Salmoni [2]. En milieu sec, j'ai retrouvé l'hydrate à $5H^2O$. Le phénomène n'est pas réversible.

4° $Al^2O^3 . 3CaO . 3SO^4Ca\,30H^2O$ et $Al^2O^3 . 3CaO . CaCl^2 . 10H^2O$ sont des hydrates stables qui ne se dissocient que sous de faibles tensions pour donner naissance le premier à l'hydrate à $7H^2O$ (légèrement humide), le second à l'hydrate à $6H^2O$; j'ai déjà signalé ces deux hydrates. Pour le sulfoaluminate, la réversibilité est très incomplète; au contraire, elle est parfaite dans le cas du chloroaluminate.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le cobaltinitrite de lithium.* Note de M. **Shinichi Kikuchi**, présentée par M. G. Urbain.

Depuis 1847, où pour la première fois le cobaltinitrite de potassium fut préparé par Fischer [3], on a décrit beaucoup de complexes de cette famille, entre autres le cobaltinitrite de sodium, qui s'est montré un excellent réactif du potassium. Il est remarquable que le cobaltinitrite de lithium n'ait pas encore été préparé, mais peut-être faut-il en chercher la raison dans ce fait que le lithium possède des propriétés assez différentes de celles des autres métaux alcalins. Avec une méthode analogue à celle que Biilmann [4] a utilisée pour obtenir le cobaltinitrite de sodium, nous avons préparé celui de lithium.

Préparation. — La réaction choisie est la suivante :

$$7NO^2Li + (NO^3)^2Co + 2CH^3COOH$$
$$= Co(NO^2)^6Li^3 + 2NO^3Li + 2CH^3COOLi + NO + H^2O;$$

le nitrite de lithium fut préparé par double décomposition entre $(NO^2)^2Ba$ et SO^4Li^2. On mélange sa solution aqueuse avec celle du nitrate de cobalt, puis on acidule le mélange avec de l'acide acétique; on obtient une solu-

(1) Thorvaldson et Grace, *Canadian Journ. of Research*, **1**, 1929, p. 36 à 47.
(2) Benato Salmoni, *Gazz. Chim. ital.*, **64**, x, 1934, p. 719.
(3) *Pogg. Ann.*, **72**, 1847, p. 477, et **74**, 1848, p. 124.
(4) *Zeitschr. f. anal. Chem.*, **39**, 1900, p. 286.

tion jaune orangé foncé et un dégagement de gaz nitreux. On a utilisé les quantités suivantes : $(NO^2)^2Ba.H^2O$, 82g; $SO^4Li^2.H^2O$, 43g; $(NO^3)^2Co.6H^2O$, 28g; acide acétique à 50 pour 100, 20cm³.

La solution est soumise à l'évaporation sous pression réduite, dans une cloche, en présence d'acide sulfurique concentré. Au bout de quelques jours, il se forme des cristaux jaunes qui sont essorés sur le bord d'une assiette en porcelaine dégourdie.

Analyse. — La détermination du cobalt se fait par l'électrolyse de la solution ammoniacale, et celle du nitrite par manganimétrie. Il faut remarquer dans ce cas que le cobalt trivalent du cobaltinitrite, en se réduisant en cobalt bivalent, fournit une valence d'oxydation, c'est-à-dire qu'une molécule de cobaltrinitrite exige 11/5 de molécule de permanganate de potassium, au lieu de 12/5 de molécule; enfin le lithium a été dosé par pesée du sulfate. L'analyse a donné :

	Trouvé pour 100.	Théorie pour $Co(NO^2)^6Li^3.8H^2O$.
Co	12,24	11,8
NO^2	55,56	55,2
Li	4,10	4,2
H^2O	28,10 (par différence)	28,8

On voit que le produit cristallise avec une forte proportion d'eau, mais, si l'on cherche à l'enlever par l'action de la chaleur, tout se décompose, le complexe étant déjà instable bien au-dessous de 100°.

Caractères. — Au microscope ce sel apparaît sous la forme de cristaux prismatiques de couleur jaune orangée. Il est très hygroscopique, soluble dans l'alcool absolu et dans le mélange alcool-éther, mais il n'est pas soluble dans l'éther pur. La solution aqueuse fournit, par double décomposition en présence d'un sel de K, un précipité du sel de Fischer en échangeant tout son Li contre 3K, même lorsque le rapport des ions K à Li est de 1 à 200. Il nous a été impossible de déceler la présence de Li dans le précipité formé qui a donné à l'analyse des chiffres correspondant au sel potassique : $Co(NO^2)^6K^3$. Il nous semble que ce fait doit être interprété comme une preuve que le sel $Co(NO^2)^6LiK^2$ serait soluble dans l'eau et par conséquent prendrait part à l'échange de Li contre K, échange qui se poursuit jusqu'à précipitation totale de l'ion K.

Nous retrouvons dans ce produit un certain nombre de caractères physiques et chimiques, propres aux sels de l'ion lithium.

1° la forte proportion d'eau de cristallisation et l'hygroscopicité :

2° la solubilité dans un mélange d'alcool-éther;

3° l'instabilité du complexe en présence d'eau, à chaud, correspondant au caractère faiblement basique de la lithine, comparée à NaOH et à KOH.

CHIMIE MINÉRALE. — *Hydrate et variétés allotropiques du sesquioxyde de manganèse*. Note (¹) de M. **Pierre Dubois**, présentée par M. G. Urbain.

D'après Gorgeu (²), on forme du bioxyde de manganèse en chauffant, entre 270° et 310°, de l'acerdèse : $Mn^2O^3H^2O$. La structure cristalline apparente des deux produits est identique.

J'ai préparé l'hydrate de même formule que l'acerdèse, étudié sa déshydratation, dans des conditions variées, et comparé les diagrammes X, des corps obtenus (³), à ceux des oxydes (MnO^2, Mn^2O^3, Mn^3O^4) que donne la décomposition thermique du nitrate (⁴).

Formation du sesquioxyde de manganèse hydraté. — On précipite, en oxydant du sulfate manganeux par l'eau oxygénée, en milieu ammoniacal, un sesquioxyde fortement hydraté (⁵), apparemment colloïdal, mais, en fait, remarquablement cristallisé aux rayons X.

Déshydratation à la température ordinaire. — On tend, très lentement, vers une composition en accord avec la formule $Mn^2O^3H^2O$.

Déshydratation à température linéairement croissante dans un courant d'air. — L'étude est faite avec une balance spéciale, antérieurement décrite (⁴). On obtient des courbes dont l'allure se rapproche de celle en pointillé, (*fig.* 1). La partie AB représente la déshydratation qui est accompagnée, avant la fin du phénomène, d'une oxydation. De B à C, celle-ci se poursuit et donne des oxydes intermédiaires, entre $MnO^{1,91}$ et $MnO^{1,96}$. Ce sont, sans doute, des mélanges de sesquioxyde et de bioxyde; mais, aux rayons X, on a seulement les raies de ce dernier. Au delà de D, il se forme du sesquioxyde, dont le diagramme de poudre est rigoureusement identique à celui du sesquioxyde provenant du nitrate.

(¹) Séance du 3 décembre 1934.

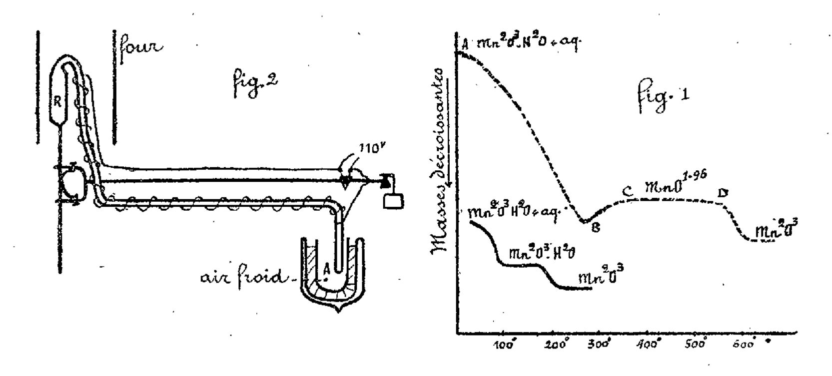
(²) *Bull. Soc. chim.*, 1, 1888, p. 753.

(³) MM. M. Mathieu et Kurylenko ont obtenu les diagrammes de poudre nécessaires à cette étude.

(⁴) P. Dubois, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1502.

(⁵) P. Dubois, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1310.

Déshydratation dans le vide partiel à température linéairement croissante. — Sur le fléau de la balance spéciale un appareil, en pyrex (*fig.* 2) est fixé rigidement. Le sesquioxyde, fortement hydraté, est introduit, par l'extrémité du tube fin, dans le réservoir R. On fait, ensuite, le vide, à la trompe à eau, dans l'appareil et l'on coupe en A au chalumeau. Pendant le chauffage progressif du four l'eau passe de R en A; sa condensation sur le trajet intermédiaire étant empêché par un chauffage électrique. La courbe pleine (*fig.* 1) montre la transformation du produit initial en $Mn^2O^3H^2O$. Les diagrammes X, des deux poudres sont identiques. La méthode, ici employée, révèle donc l'existence d'un seul hydrate du sesquioxyde. Cet



hydrate, vers 250°, donne du sesquioxyde anhydre, qui, à cette température, s'oxyderait facilement. C'est, sans doute, ainsi que se forme le bioxyde impur (paragraphe précédent).

Variétés allotropiques du sesquioxyde. — Le diagramme X de ce Mn^2O^3, oxydable à chaud, est différent de celui de Mn^2O^3 provenant du nitrate. Ainsi, il existe 2 variétés allotropiques du sesquioxyde. Appelons $Mn^2O^3\alpha$ la variété oxydable obtenue à la température la plus basse, et $Mn^2O^3\beta$ la variété inoxydable par l'air, obtenue à température élevée. On doit pouvoir passer, par chauffage, de la première à la deuxième variété. Une étude dilatométrique, faite sur des bâtonnets de $Mn^2O^3\alpha$, montre qu'à 600° environ $Mn^2O^3\alpha$ se transforme en $Mn^2O^3\beta$. Chose assez inattendue, le diagramme X de $Mn^2O^3\alpha$ est très voisin de celui de Mn^3O^4 résultant de la décomposition thermique de $Mn^2O^3\beta$. Un fait semblable se rencontre, d'ailleurs, à propos de Fe^3O^4 et d'une variété allotropique de Fe^2O^3.

Antérieurement (*loc. cit.*, p. 1502), la décomposition thermique de l'oxalate, dans un courant d'air, nous avait donné un oxyde $MnO^{1,60}$ dont le diagramme X est identique à celui de $Mn^2O^3\alpha$. Il se produit, sans

doute, par oxydation superficielle de ce dernier. D'ailleurs, Le Blanc et Wehner ([1]) ont aussi, par oxydation de MnO, obtenu par décomposition thermique, dans le vide, de l'oxalate, atteint sensiblement le même degré d'oxydation $MnO^{1,58}$. Ils ont montré qu'il devait exister une variété allotropique du sesquioxyde, très oxydable, qu'ils n'ont préparée qu'à l'état impur ($MnO^{1,58}$).

Les résultats d'une étude de la deshydratation de la manganite naturelle sont assez comparables à ceux obtenus ci-dessus.

Conclusion. — L'oxydation du sulfate manganeux, par l'eau oxygénée, en milieu ammoniacal, donne un hydrate, $Mn^2O^3H^2O$, bien cristallisé aux rayons X. Cet hydrate se transforme en bioxyde impur par chauffage à température linéaire croissante dans un courant d'air. A l'abri de l'air, on obtient une variété allotropique du sesquioxyde, $Mn^2O^3\alpha$, oxydable à chaud. Cette variété se transforme, vers 600°, comme le montrent la dilatométrie et les rayons X, en $Mn^2O^3\beta$, inoxydable par l'air, qui est la forme habituelle du sesquioxyde. Le diagramme X de $Mn^2O^2\alpha$ est très voisin de celui de Mn^3O^4 résultant de la décomposition thermique de $Mn^2O^3\beta$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'effluve électrique sur le bioxyde d'azote* (NO). *Production de l'azote actif.* Note de MM. **C. Zenghélis** et **Simon Evangelidès**, présentée par M. A. Béhal.

Berthelot, étudiant l'action des décharges diffuses sur le bioxyde d'azote, a démontré qu'une partie de l'azote devient libre, une autre se combine avec l'oxygène libéré en formant de la vapeur nitreuse ([2]).

Pour bien suivre cette réaction et d'une façon quantitative, nous avons construit deux ozonisateurs. Le premier avait une capacité de 454^{cm^3} avec une distance polaire de 8^{mm}. Il nous a servi pour les expériences à volume constant. Le second, d'une capacité de 838^{cm^3}, se trouvait en communication avec un gazomètre et nous a servi pour les expériences à pression constante. Les résultats obtenus, brièvement exposés, sont les suivants :

La réaction est d'abord décomposante, comme il en résulte de la constatation des changements de volume. Si les décharges se prolongent, la réaction devient composante. Une oxydation continue jusqu'à la formation des oxydes NO^3 et N^2O^6.

([1]) *Z. phys. Chem.*, **168** A, 1934, p. 59-77.

([2]) *Comptes rendus*, **82**, 1876, p. 1360.

Par des nombreuses mesures et analyses nous concluons que les réactions peuvent être formulées en trois phases.

Première phase. — Le bioxyde se décompose en proportion 51,5 pour 100 brusquement en ses éléments azote — en partie sous la forme active — et oxygène, en partie à l'état d'ozone. Une autre partie s'oxyde en NO^2 (couleur rouge).

Deuxième phase. — Une oxydation forte s'ensuit (25,2 pour 100) avec production de NO^3 et N^2O^6.

Troisième phase. — Les oxydes supérieurs se combinent avec NO et NO^2 en formant du pentoxyde d'azote

$$NO^3 + NO = 2N^2O^5, \qquad NO^3 + NO^2 = N^2O^5.$$

La décharge ne fait qu'accélérer cette dernière phase, qui se fait lentement, même si l'on interrompt la décharge. Si l'on travaille dans l'obscurité, une lueur jaune apparaît au début, qui peu à peu se renforce en jaune rouge, rouge écarlate, bleu et finalement bleu violacé. Ce renforcement est en accord avec les remarques de E.-J.-B. Willey (1) qui a constaté que l'azote atomique en présence de l'oxygène change graduellement de couleur vers les ondes courtes. Cette lueur persiste plus longtemps que dans les expériences de Strutt et E. Willey (2) avec l'azote, et des décharges beaucoup plus fortes. La formation de l'azote atomique (actif) est démontrée en plus par la formation des traces très abondantes d'ammoniaque formées par l'action de la vapenr d'eau contenue dans le gaz, pris directement au gazomètre.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un procédé rapide de dosage des alcools primaires et secondaires dans les huiles essentielles.* Note de M. **Sébastien Sabetay**, présentée par M. M. Delépine.

L'évaluation de la teneur en alcools primaires et secondaires des huiles essentielles peut être effectuée par plusieurs méthodes : acétylation au moyen de l'anhydride acétique par chauffage de 2 heures au bain de sable en présence d'acétate de sodium anhydre, acétylation au moyen de l'anhydride acétique ou du chlorure d'acétyle en présence de pyridine, méthoxy-

(1) *Chemisches Central Blatt*, **11**, 1929, p. 2974.
(2) *Nature*, **117**, 1926, p. 381.

acétylation au moyen de l'anhydride méthoxyacétique et dosage subséquent du groupement méthoxyle, etc., mais c'est surtout la première méthode qui est la plus employée. Pour les alcools tertiaires, facilement déshydratables, on n'obtient des résultats satisfaisants qu'en formylant à froid au moyen de l'anhydride mixte acétoformique (¹), opération qui ne demande pas moins de 3 jours, à cause de la lenteur d'estérification de ces alcools.

Pour préparer les acétates des alcools tertiaires (acétate de linalyle par exemple) l'industrie utilise depuis longtemps l'action catalytique de l'acide phosphorique dans l'acétylation à froid au moyen de l'anhydride acétique et, tout récemment, V. Isoguljanz et F. Smoljaninova (²) en appliquant cette même méthode à l'acétylation du linalol de l'essence de coriandre obtiennent, au moyen d'une technique qu'ils décrivent en détail, des rendements de l'ordre de 95-98 pour 100 en produits acétylés. Nous avons essayé d'étendre la technique de ces auteurs au dosage rapide du linalol, seul ou dans les huiles essentielles, mais nous avons obtenu un degré d'acétylation qui est loin d'être quantitatif. D'autre part, des essais faits pour catalyser par l'acide phosphorique la formylation à froid du linalol au moyen de l'anhydride acéto-formique n'ont pas donné des résultats satisfaisants. En revanche, l'application de cette catalyse à l'acétylation des alcools primaires et secondaires nous ont donné des chiffres en tous points comparables à ceux qu'on obtient par les méthodes classiques. Nous avons donc été amenés à mettre au point un procédé d'acétylation qui se recommande par sa simplicité, sa rapidité, économie du gaz consommé et par la possibilité d'effectuer des acétylations en série. A vrai dire O. Fernandez et M. de Mingo (³) ont montré récemment que la méthode de Franchimont (acétylation catalytique rapide au moyen de l'anhydride acétique, en présence d'une à six gouttes d'acide sulfurique concentré) s'applique au thymol, au menthol et aux essences de thym, de menthe, de sauge, de santal, mais la catalyse au moyen de l'acide phosphorique, dans les conditions que nous avons établies, nous paraît préférable.

Préparation du catalyseur (³). — On mélange 10^g d'acide orthophosphorique avec 90^g d'anhydride acétique et met en œuvre de 1 à 1$^{cm^3}$,5 de

---

(¹) L. S. Glichitch, *Parfums de France*, 1, 1923, p. 30.

(²) V. Isoguljanz et F. Smoljaninova, *Riechstoffindustrie*, 8, 1933, p. 194.

(³) O. Fernandez et M. de Mingo, *Anales Soc. Española Fisica y Quimica*, 31, 1933, p. 260.

mélange par acétylation. La conservation du catalyseur est bonne, en dépit de la teinte jaunâtre qu'il prend au bout de quelque temps.

Acétylation. — 7 à 10^{cm^3} d'huile essentielle sont dissous dans 14 à 20^{cm^3} d'anhydrique acétique. On ajoute 1 à $1^{cm^3},5$ de catalyseur et l'on ne refroidit au robinet que si la température due au dégagement de chaleur dépasse 50°. On laisse en contact pendant 15^m, ajoute 50^{cm^3} d'eau distillée, chauffe pendant 10^m au bain-marie bouillant en agitant fréquemment, décante et lave successivement avec 25^{cm^3} de saumure saturée, 25^{cm^3} de saumure contenant 1 pour 100 CO^3K^2, 25^{cm^3} de saumure et 15^{cm^3} d'eau. (Dans le cas de l'alcool cétylique trois lavages avec 50^{cm^3} d'eau chaude suffisent.) On sèche sur SO^4Na^2 et hydrolyse pendant 1 heure au bain-marie par KOH $n/2$ alcoolique. On effectue deux hydrolyses et prend la moyenne.

L'acétylation rapide ne s'applique pas au citronellal, qui, par ébullition avec l'anhydride acétique, se transforme, comme on le sait, en acétate d'isopulégyle. D'autre part, les résultats sont déficitaires pour des mélanges de citronellal et de géraniol tel qu'ils se trouvent dans l'essence de citronnelle de Java.

On trouve dans le tableau suivant les résultats obtenus par l'acétylation rapide comparativement avec ceux qu'on obtient par l'acétylation classique.

	Indice d'acétyle (millig. de HOK pour 1^g).	
Substances traitées.	Procédé rapide (15 min. à froid).	Procédé classique (2 heures de chauffage au bain de sable).
Essence de santal	202	206
» de myrte	118	113
» de menthe	181	178,5
» de géranium de Bourbon	221	227
» de vétyver	125	127,5
» de rose bulgare	227	229
Absolue de rose bulgare	244	248,5
Citronellal gauche Dauphin	290,5	283,5
Géraniol commercial	275,5	281,5
Alcool cétylique commercial	186	186,5

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des chlorures d'acides au moyen du chlore de thionyle.* Note [1] de MM. **Pierre Carré** et **David Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que la préparation des chlorures d'acides par l'action du chlorure de thionyle sur les acides organiques n'est pas absolument générale, même dans le cas où la réaction ne peut se compliquer de la réaction du chlorure de thionyle sur d'autres groupements fonctionnels contenus dans la molécule de l'acide.

Meyer [2] avait déjà constaté que certains acides, comme l'acide *p*-nitrobenzoïque, réagissent difficilement avec le chlorure de thionyle et exigent une longue ébullition avec un grand excès de chlorure de thionyle, pour être transformés en chlorures d'acides; la transformation de l'acide *p*-bromobenzoïque en chlorure d'acide est encore plus difficile. D'autres acides, comme les acides trichloracétique, oxalique et téréphtalique ne réagissent pas avec le chlorure de thionyle; plus récemment, Mac Master et Ahmann [3] confirmaient que ces trois acides se retrouvent inaltérés après 72 heures d'ébullition avec le chlorure de thionyle.

Nous avons réussi à transformer quelques-uns de ces acides en chlorures d'acides, le plus souvent avec d'excellents rendements, en effectuant la réaction avec des proportions équimoléculaires d'acide et de chlorure de thionyle, en présence de pyridine. Le mode opératoire doit varier légèrement avec la nature de l'acide, nous en donnons ci-après quelques exemples.

Certains acides bibasiques ayant les deux carboxyles voisins, comme les acides *o*-phtalique et camphorique, sont transformés en anhydrides correspondants par l'action du chlorure de thionyle. Ayant eu l'occasion de constater que les anhydrides d'acides monobasiques, comme les anhydrides acétique et benzoïque, sont facilement et quantitativement transformés en chlorures d'acides correspondants, par l'action du chlorure de thionyle, selon la réaction

$$(RCO)^2O + SOCl^2 = SO^2 + 2RCOCl,$$

nous nous étions demandé si la pyridine ne faciliterait pas aussi la transformation de l'anhydride phtalique en chlorure d'acide. Mais l'anhydride

(1) Séance du 3 décembre 1934.

(2) Meyer, *Monatsh. f. Chem.*, 22, 1901, p. 415 et 717.

(3) Mac Master et Ahmann, *J. Am. chem. Soc.*, 50, 1928, p. 145.

phtalique n'a pas donné de chlorure par l'action du chlorure de thionyle en présence de pyridine.

Préparations de quelques chlorures d'acides ne s'obtenant pas, ou difficilement, par l'action du chlorure de thionyle seul :

Chlorure de p-nitrobenzoyle. — On met en suspension dans 50^{cm^3} d'éther anhydre, $16^g,7$ d'acide *para*-nitrobenzoïque finement divisé, on ajoute 8^g de pyridine (soit 1^{mol} pour 1^{mol} d'acide), et ensuite, par petites portions, 12^g de chlorure de thionyle préalablement dissous dans 20^{cm^3} d'éther. L'acide *para*-nitrobenzoïque disparaît, et il se forme un précipité de chlorhydrate de pyridine; dès que l'addition du chlorure de thionyle est terminée on ajoute un peu d'éther chlorhydrique afin d'assurer une précipitation totale de la pyridine; on essore le chlorhydrate de pyridine; après distillation de la solution éthérée il reste le chlorure de *para*-nitrobenzoyle qui cristallise.

Chlorure de para-bromobenzoyle. — Le mode opératoire précédent doit être modifié, parce que le chlorure de *para*-bromobenzoyle forme avec la pyridine un produit insoluble dans l'éther.

On ajoute 19^g d'acide *para*-bromobenzoïque à 16^g de pyridine (soit 2^{mol} pour 1^{mol} d'acide) et l'on chauffe légèrement pour fluidifier le mélange qui est versé par petites portions dans 12^g de chlorure de thionyle. On reprend ensuite par le chloroforme, on fait passer un courant de gaz chlorhydrique pour transformer la pyridine en chlorhydrate, on filtre et l'on concentre pour faire cristalliser le chlorure de *para*-bromobenzoyle.

Le *chlorure de téréphtalyle* $C^6H^4(COCl)^2_{1.4}$ s'obtient aussi avec un rendement sensiblement quantitatif en utilisant le mode opératoire indiqué pour l'acide *para*-bromobenzoïque, mais en prenant des proportions doubles de pyridine et de chlorure de thionyle (soit 4^{mol} de pyridine et 2^{mol} de chlorure de thionyle pour 1^{mol} d'acide bibasique), et en remplaçant le chloroforme par l'éther.

Nous avons obtenu, de manière analogue, le *chlorure de l'acide trichloracétique* avec un rendement de 90 pour 100 de la théorie, en ajoutant la solution d'acide trichloracétique dans la pyridine au chlorure de thionyle. Dans les mêmes conditions, l'acide dichloracétique n'a donné que 25 pour 100 de chlorure de dichloracétyle.

Dans le cas de l'acide oxalique, nous n'avons pu obtenir le chlorure d'oxalyle. Mais tandis que le chlorure de thionyle seul est sans action sur l'acide oxalique, il réagit en présence de pyridine, selon l'équation

$$CO^2H - CO^2H + SOCl^2 = CO + CO^2 + 2HCl + SO^2.$$

Cette réaction est analogue à celle observée par Ch. Moureu [1], en traitant les oxalates métalliques par le chlorure de thionyle.

En résumé, la pyridine peut faciliter la réaction du chlorure de thionyle sur les acides et permettre la préparation de certains chlorures d'acides qui ne se forment pas, ou difficilement, en l'absence de pyridine. Nous nous proposons d'étendre les applications de cette réaction.

---

[1] Ch. Moureu, *Comptes rendus*, 119, 1894, p. 337.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les deux diphényl-1-2 propanols-1 et sur les deux diphényl-1.2 butanols-1 diastéréoisomères. Obtention exclusive de chacun des deux diastéréoisomères.* Note [1] de M. **Fernand Kayser**, présentée par M. A. Béhal.

Je me suis proposé de généraliser et de contrôler, en les appliquant à deux autres cas, les faits que j'avais signalés soit seul [2], soit en collaboration [3] à savoir : obtention exclusive d'un seul des deux alcools diastéréoisomères prévus par la théorie dans les trois réactions suivantes : 1° action d'un organomagnésien sur un aldéhyde phénylacétique α substitué; 2° réduction d'une alcoyldésoxybenzoïne; 3° action d'un organomagnésien sur l'un ou l'autre des deux oxydes de stilbène.

L'action du bromure de Mg phényle sur l'aldéhyde phénylméthylacétique ou sur l'aldéhyde phényléthylacétique ne m'a donné dans chaque cas qu'un seul alcool (I α et II α)

(I α) $C^6H^5-CH(CH^3)-CH(OH)C^6H^5$,

(II α) $C^6H^5-CH(C^2H^5)-CH(OH)C^6H^5$.

De même la réduction de la méthyl- et de l'éthyldésoxybenzoïne effectuée soit par le sodium et l'alcool, soit par HgNa, ne m'a donné qu'un seul alcool (I β et II β) qui, dans chaque cas, est le diastéréoisomère de celui obtenu dans la réaction précédente :

(I β) $C^6H^5-CH(CH^3)-CH(C^6H^5)OH$,

(II β) $C^6H^5-CH(C^2H^5)-CH(C^6H^5)OH$.

Enfin l'action de $BrMgCH^3$ et de $BrMgC^2H^5$ sur l'oxyde de stilbène ne donne également qu'un seul des deux alcools diastéréoisomères possibles, mais, tandis qu'avec $BrMgCH^3$ on obtient (Iα) avec $BrMgC^2H^5$ on obtient (IIβ). Cette curieuse particularité qui résulte du remplacement d'un CH^3 par un C^2H^5 peut, en réalité, être attribuée soit à cette dernière réaction, soit aux deux autres. Dans les deux cas elle donne à supposer que les substituants du carbone porteur de l'hydroxyle alcoolique peuvent se ranger dans un ordre différent lorsque, dans une même

---

[1] Séance du 3 décembre 1934.

[2] F. Kayser, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1127.

[3] M. Tiffeneau, J. Lévy et F. Kayser, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1407.

réaction, un radical (méthyle) est remplacé par un autre (éthyle, benzyle).

I. OBTENTION DES DEUX DIPHÉNYL-1-2-PROPANOLS-1-DIASTÉRÉOISOMÈRES (Iα et Iβ). — *Action du bromure de magnésium phényle sur le phényl-2-propanal.* — Cette réaction, déjà effectuée par M. Tiffeneau (1) conduit à isoler le diphényl-1-2-propanol-1 (α) E. 180-182° sous 17^{mm}. Phényluréthane F. 116°.

Hydrogénation de la méthyldésoxybenzoïne. — Cette hydrogénation, déjà effectuée par F. Muller (2) conduit à un alcool (E. 180-182° sous 17^{mm}). Produit d'oxydation acétochromique : méthyldésoxybenzoïne. Cet alcool diffère de celui décrit ci-dessus par sa phényluréthane (F. 122°). De plus j'ai pu l'obtenir à l'étnt cristallisé : ces cristaux (F. 48°) n'ont pu provoquer la cristallisation de l'alcool obtenu à partir de l'aldéhyde hydratropique.

Action du bromure de magnésium méthyle sur l'oxyde de stilbène. — L'oxyde de stilbène (F. 69-70°) est ajouté peu à peu à une solution éthérée de bromure de Mg méthyle (3). Après décomposition par l'acide acétique dilué on isole, à côté d'une importante quantité de stilbène, le diphényl-1-2 propanol-1 (α) liquide identique à celui obtenu par action du bromure de magnésium phényle sur le phényl-2-propanal.

II. OBTENTION DES DEUX DIPHÉNYL-1-2-BUTANOL-1-DIASTÉRÉOISOMÈRES (IIα ET IIβ). — *Action du bromure de magnésium phényle sur le phényl-2-butanal.* — Conduite dans les conditions habituelles, cette réaction fournit le diphényl-1-2-butanol-1 (β) (E. 182-184° sous 18^{mm}). Phényluréthane F. 119°. Produit d'oxydation acétochromique : éthyldésoxybenzoïne (F. 58°).

Hydrogénation de l'éthyldésoxybenzoïne. — Cette opération conduit à isoler exclusivement le diphényl-1-2-butanol-1 (β) (F. 82°). Phényluréthane (F. 124°). Produit d'oxydation acétochromique : éthyldésoxybenzoïne.

Action du bromure de magnésium méthyle sur l'oxyde de stilbène. — Conduite dans les conditions habituelles, cette réaction a permis d'isoler un seul alcool le diphényl-1-2 butanol-1 (β) (F. 82°) identique à celui isolé dans l'opération précédente.

Conclusions. — Dans l'action du bromure de Mg phényle sur le phényl-2-propanal aussi bien que sur le phényl-2-butanal, il ne se forme qu'un des deux alcools diastéréoisomères prévus par la théorie, les autres diastéréoisomères s'obtiennent l'un par réduction de la méthyldésoxybenzoïne, l'autre par réduction de l'éthyldésoxybenzoïne. L'action des organomagnésiens sur l'oxyde de stilbène racémique ne fournit également qu'un seul alcool qui est le diphényl-1-2-propanol-1 (α) dans le cas de $BrMgCH^3$, et

---

(1) M. TIFFENEAU, *Ann. chim. Phys.*, 8e série, 10, 1910, p. 352.

(2) F. MULLER, *Inaugural Dissertation*, Leipzig, 1903.

(3) L'emploi de l'iodure de magnésium méthyle conduit à un résultat différent; on isole deux substances cristallisées (F. 135° et F. 270° environ) qui n'ont pas encore été identifiées.

et dans le cas de $BrMgC^2H^5$, le diphényl-1-2-butanol-1 (β), c'est-à-dire un alcool dans lequel l'ordre des substituants du carbone porteur de l'hydroxyle n'est pas le même que dans le cas précédent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'un acide butyltertiaire-méthyltétrahydronaphtalinique et de la butylméthylnaphtaline correspondante.* Note de MM. G. **Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Delépine.

Les butylnaphtalines, ainsi que leurs dérivés de substitution, sont relativement peu connues et leurs constitutions assez incertaines. Wegscheider puis Baur ont les premiers préparé une butylnaphtaline par la réaction de Friedel et Craft en faisant réagir le chlorure d'isobutyle sur la naphtaline en présence de chlorure d'aluminium; E. Bœdtker et O. Rambech ont fait réagir de même le chlorure de butyle tertiaire sur la tétraline; dans les deux cas, les rendements ont été très médiocres. A. Barbot, en remplaçant le chlorure d'aluminium par son bromure, est arrivé à des résultats plus satisfaisants avec la trétaline et la déshydrogénation du produit obtenu lui a permis d'accéder assez facilement à la butyltertiaire-naphtaline qu'il a supposée, comme ses devanciers, être l'isomère β par simple analogie. G. Hugel et M. Lerer ont préparé une dihydrodiisobutylnaphtaline en traitant la naphtaline dans l'ammoniac anhydre par le chlorure d'isobutyle et le sodium. Enfin quelques brevets allemands décrivent également des butylnaphtalines sulfonées ou hydrogénées, mais de constitution non déterminée [1].

Dans ces conditions, il était important de préparer des dérivés de la butylnaphtaline par une méthode régulière de synthèse donnant, d'une façon certaine, leurs constitutions et nous avons été ainsi amenés à appliquer à ces corps la synthèse naphtalénique par cyclisation des acides benzylallylacétiques élaborée par l'un de nous [2].

Le point de départ de ce travail a été le butyl-tertiaire-benzène, dont nous avons d'abord préparé le dérivé parachlorométhylénique [formule (I)] par la méthode de Blanc, modifiée par L. Bert [3], qui nous l'a donné avec

(1) Wegscheider, *Monatshefte für Chem.*, 5, 1884, p. 237; Baur, *Berichte des Deutsch. Gesells.*, 27, 1894, p. 1623; E. Boedtker et O. Rambech, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 35, 1924, p. 63; A. Barbot, *ibid.*, 4e série, 97, 1930, p. 1314; Brevets allemands 319777 et 483779; G. Hugel et M. Lerer, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 249.

(2) G. Darzens, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 748.

(3) L. Bert, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 1252.

un rendement de 70 pour 100. C'est un liquide distillant à 115° sous 16^{mm}, cristallisant à basse température et fondant à —18°,

(I). (II).

Ce corps a ensuite été condensé avec l'ester allylmalonique sodé en solution toluénique, ce qui nous a donné sans difficulté, et avec un rendement de 75 pour 100, l'ester butylbenzylallylmalonique, de formule (II), liquide distillant à 180-181°, sous 3^{mm},

(III). (IV). (V).

(VI). (VII).

Par saponification de cet éther par la potasse alcoolique on obtient l'acide correspondant qui se décompose par perte de CO^2 lorsqu'on le chauffe, puis le distille à 178-181° sous 5^{mm}, pour donner un mélange d'un acide monocarbonique (formule III) et d'une lactone isomère (formule IV) facile à séparer par l'action du carbonate de sodium qui dissout l'acide seul. Cette lactone distille à 152° sous 2^{mm}, quant à l'acide, il est cristallisé et fond à 68° après cristallisation dans l'alcool à 80 pour 100.

Traité par trois fois son poids d'acide sulfurique de formule SO^4H^2,H^2O à froid et pendant 3 jours, l'acide se cyclise pour donner l'acide butyl-tertiaire-méthyltétrahydronaphtalinique de formule V mais avec régénération d'environ 20 pour 100 de lactone.

Enfin, cet acide hydronaphtalinique deshydrogéné par le soufre donne l'acide naphtalinique correspondant de formule VI et ce dernier, distillé dans le vide en présence de chaux, nous a donné le butyl-tertiaire-méthyl-

naphtaline de formule VII distillant à 151°-152° sous 14^{mm} dont le picrate fond à 95°,5 et le styphnate à 129°. Par nitration, cette butylméthylnaphtaline donne un dérivé dinitré fondant à 131°.

Toutes ces réactions se font suivant la technique déjà indiquée dans de précédentes Notes et en montrant la remarquable généralité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des imines* N-*substituées des cétones grasses*. Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Delépine.

Les imines N-alcoylées des cétones grasses $\substack{R \\ R'}\!\!>C=NR''$ n'avaient pas encore été isolées à ma connaissance. Afin d'en faire l'étude chimique et spectrale j'ai cherché à les obtenir par une méthode permettant de les isoler à l'état pur. J'ai réussi à en préparer un certain nombre en traitant le diéthylacétal de la butyrone par les amines primaires

$$\substack{C^3H^7 \\ C^3H^7}\!\!>C<\!\!\substack{OC^2H^5 \\ OC^2H^5} + NH^2.R \;=\; \substack{C^3H^7 \\ C^3H^7}\!\!>C=N.R + 2C^2H^5OH.$$

C'est ainsi que j'ai obtenu : le N-benzylimine de la butyrone $(C^3H^7)^2 : C=N.CH^2.C^6H^5$ (P. E. 150° sous 17^{mm}, R^t 29 pour 100); la N.(β-phényléthyl)-imine de la butyrone $(C^3H^7)^2 : C=N.CH^2.CH^2C^6H^5$ (P. E. 155° sous 16^{mm}, R^t 10 pour 100) et la N-(γ-phénylpropyl)-imine de la butyrone $(C^3H^7)^2 : C=N.CH^2.CH^2.CH^2.C^6H^5$ (P. E. 168-170° sous 17^{mm}, R^t 26 pour 100) en faisant agir la benzylamine, la β.phénéthylamine et la γ.phénylpropylamine sur le diéthylacétal de la butyrone vers 190-200°. Ces N-alcoylamines de la butyrone sont douées d'une forte odeur basique et s'altèrent rapidement. L'eau les décompose à la température ordinaire en butyrone et en amines correspondantes.

Je n'ai pu encore appliquer cette réaction à d'autres acétals.

D'autre part j'ai utilisé cette réaction à la préparation des aniles, généralisant ainsi la méthode qui avait été employée par Claisen [1] dans deux cas seulement : pour l'anile de l'acétone et celle de l'acétophénone. Pour obtenir ces composés, Claisen a fait agir l'aniline à la température du bain-marie sur les diéthylacétals de l'acétone et de l'acétophénone; il n'indique pas les rendements.

En effectuant cette réaction d'après les indications données par ce

---

(1) Claisen, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, **29**, 1898, p. 2931.

savant, j'ai constaté que les rendements sont faibles. Par contre, j'ai obtenu ces substances aisément et avec d'excellents rendements en opérant de la façon suivante :

Dans un ballon à distiller, muni d'une haute colonne, on place le mélange de 1^{mol} de diéthylacétal d'une cétone grasse, arylaliphatique ou cyclique et $1^{mol},5$ d'arylamine, puis on porte la température du mélange d'abord à 120° puis progressivement jusqu'à 200°. L'alcool formé par la réaction s'élimine ainsi au fur et à mesure de sa formation. Lorsqu'il n'y a plus de départ d'alcool la réaction est terminée. Sans aucun traitement le produit brut ainsi obtenu est distillé sous pression réduite, dans le même ballon.

J'ai obtenu dans ces conditions : l'anile de la propione $(C^2H^5)^2 : C=NC^6H^5$, P. E. 117-118° sous 25^{mm}, R^t 75 %; l'anile de la butyrone $(C^3H^7)^2 : C=NC^6H^5$, P. E. 130-131° sous 17^{mm}, R^t 76 %; les *o*-, *m*-, et *p*-méthylaniles de la butyrone $(C^3H^7)^2 : C=N\,C^6H^4CH^3$, P. E. 139-140° sous 18^{mm}, 143-145° sous 20^{mm} et 143-144° sous 17^{mm}, R^{ts} 84 %, 74 % et 63 %; les *o*- et *p*-méthoxyaniles de la butyrone $(C^3H^7)^2 : C=N\,C^6H^4OCH^3$, P. E. 150-151° sous 15^{mm}, et 164-165° sous 17^{mm}, R^{ts} 75 % et 68 %; l'anile de la méthylnonylcétone $(CH^3)(C^9H^{19}) : C=N\,C^6H^5$, P. E. 195-197° sous 24^{mm}, R^t 77 %; la *p*-méthylanile de la méthylnonylcétone $(CH^3)(C^9H^{19}) : C=N\,C^6H^4CH^3$, P. E. 205-207° sous 24^{mm}, R^t 60 %; l'anile de l'acétophénone $(CH^3)(C^6H^5) : C=N\,C^6H^5$, P. E. 175-177° sous 17^{mm}, P. F. 41°, R^t 90 %; le *p*-méthoxyanile de l'acétophénone $(CH^3)\,C^6H^5) : C=N\,C^6H^4OCH^3$, P. E. 209-211° sous 15^{mm}, P. F. 86°, R^t 95 %; l'anile de la cyclohexanone $C^6H^{10}=N\,C^6H^5$, P. E. 157° sous 30^{mm}, R^t 65 % et l'anile de la méthylcyclohexanone $(CH^3)(C^6H^9)=N\,C^6H^5$, P. E. 149-150° sous 18^{mm}, R^t 65 %.

La simplicité de cette méthode et les bons rendements obtenus en font un mode de préparation des aniles des cétones de toutes les séries, bien supérieur à tous les procédés employés jusqu'à présent.

A côté des produits principaux décrits plus haut, j'ai observé la formation de deux produits secondaires en petites quantités. L'un de ces produits bout environ de 20° plus bas sous 15^{mm} que l'acétal mis en œuvre. L'autre composé est généralement solide et jaune.

Je continue l'étude de ces substances.

En résumé : j'ai réussi à préparer un certain nombre de cétimines N-alcoylées de la série grasse. Aucun terme appartenant à cette famille de composés n'avaient encore été décrit, à ma connaissance.

J'ai de plus montré que cette même méthode permet d'effectuer aisément la synthèse des aniles des cétones grasses et cela avec des rendements plus élevés que ceux qui sont obtenus avec les procédés employés jusqu'ici pour effectuer ces synthèses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un γ-pyran à fonction simple, le tétra-phényl-2-4-4-6-γ-pyran.* Note de M. **Arnaldo Peres de Carvalho**, présentée par M. Delépine.

Théoriquement, les composés δ-dicétoniques peuvent donner naissance, par cyclisation avec élimination d'eau, à des dérivés du γ-pyran

R R / C / R H > C, C < R H / R—CO, CO—R → R R / C / R—C, C—R / R—COH, OH, C—R → R R / C / RC, CR / RC, CR / O

S'il existe un groupement méthylène en ε par rapport aux carbonyles, il se forme toujours, de préférence, des corps à noyau cyclohéxénonique (Knoevenagel), la structure de ces derniers étant plus stable que celle des dérivés γ-pyraniques

R R / C / R H > C, C < R H / R—CO, CO / H^2C—R → R R / C / RHC, CHR / RC, CO / CR

Cet obstacle peut être évité, par exemple, en terminant la chaîne de chaque côté, en δ, par des aryles directement liés aux carbonyles. Toutefois, même dans ces conditions, les γ-pyrans restent des corps peu accessibles, et les dérivés les plus simples que l'on connaisse portent au moins deux fonctions acide carboxylique [1].

Ce ne sont pourtant pas les tentatives, tant directes comme la cyclisation de δ-dicétones (Dilthey), qu'indirectes comme la décarboxylation d'acides

(1) E. Blaise et H. Gault, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 35, 1906, p. 1261 et suiv.

γ-pyran-dicarboxyliques (Blaise et Gault), qui ont manqué pour essayer d'obtenir des γ-pyrans simples.

Le fait qu'on n'ait pas réussi à isoler des corps à noyau γ-pyranique, ne comportant pas d'autres fonctions dans la molécule, doit tenir, d'une part, à la plus ou moins grande tendance à l'énolisation des deux carbonyles de la dicétone génératrice et, d'autre part, à l'instabilité même du noyau du γ-pyran.

Ayant en mains une nouvelle dicétone δ, le diphénacyl-diphényl-méthane (¹)

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > C < \begin{matrix} CH^2 - CO - C^6H^5 \\ CH^2 - CO - C^6H^5 \end{matrix}$$

qui appartient au type de celles dont la cyclisation ne peut pas dévier vers les cyclohéxénones, j'ai repris à mon tour la question, et je crois pouvoir affirmer que jai obtenu le premier γ-pyran à fonction simple, le tétraphényl-2-4-4-6-γ-pyran :

$$\begin{matrix} & C^6H^5 \quad C^6H^5 & \\ & C & \\ HC & & CH \\ C^6H^5.C & & C.C^6H^5 \\ & O & \end{matrix}$$

Ce corps résulte de la cyclisation avec élimination d'eau du diphénacyl-diphényl-méthane, et se présente en aiguilles incolores de P. F. 157-158°. Il montre une exceptionnelle sensibilité à l'hydrolyse, fixant avec la plus grande facilité une molécule d'eau, même à l'état cristallin par le simple contact d'un solvant humide, avec ouverture du cycle et retour à la dicétone initiale.

L'action du brome sur le tétraphényl-2-4-4-6-γ-pyran a fourni un dérivé dibromé, dont l'analyse et les propriétés sont en accord avec la structure suivante :

$$\begin{matrix} & C^6H^5 \quad C^6H^5 & \\ & C & \\ BrC & & CBr \\ C^6H^5.C & & C.C^6H^5 \\ & O & \end{matrix}$$

(¹) Recherches inédites.

Ce dérivé n'a pas pu être obtenu directement par cyclisation de la dicétone correspondante, la tétraphényl-1-3-3-5-dibromo-2-4-pentanedione-1-5. Au contraire du tétraphényl-γ-pyran, le corps bromé présente une remarquable stabilité, en particulier vis-à-vis des agents hydrolysants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de l'autoxydation de l'acide urique.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. R. Fosse.

I. Les expériences que nous avons décrites antérieurement ([1]) sur l'autoxydation des solutions alcalines d'acide urique en présence d'amines, nous ont amené à considérer que l'isoallantoïne (I) devait être un terme intermédiaire lors de la dégradation de l'acide urique en allantoïne

$$CO\begin{matrix}\diagup NH-CH\text{——}NH\diagdown \\ \qquad\qquad | \\ \diagdown NH-C(OH)-NH\diagup\end{matrix}CO.$$
(I).

Schuler et Reindel ([2]) qui ont repris une partie de nos expériences considèrent au contraire que l'oxydation de l'acide urique en présence d'aniline ne donne naissance qu'à une faible proportion d'isoallantoylaniline dont la formation résulte d'une réaction secondaire; selon ces auteurs, l'isoallantoylaniline existerait telle quelle dans les solutions alcalines d'acide urique oxydées en présence d'aniline, et ne saurait être considérée comme un terme intermédiaire entre l'acide oxyacétylène-diuréinecarbonique et l'allantoïne.

De nouvelles expériences nous permettent d'apporter quelques éclaircissements sur cette délicate question.

II. Tout d'abord, nous avons remarqué que les solutions alcalines d'isoallantoylaniline sont autoxydables, cette oxydation étant grandement catalysée par le bioxyde de manganèse; les solutions oxydées, qui ont absorbé un atome d'oxygène par molécule d'aniline sont fortement colorées en jaune verdâtre. Traitées par l'acide acétique dilué, elles laissent déposer immédiatement des cristaux jaunâtres très peu solubles dans l'eau froide, légèrement solubles dans l'eau chaude, assez solubles dans l'alcool bouillant

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 860, et **197**, 1933, p. 1337.
([2]) *Zeitsch. physiol. Chem.*, **215**, 1933, p. 258.

d'où ils recristallisent en longues aiguilles jaune d'or se décomposant vers 145°. L'analyse élémentaire (C = 51,9; H = 4,1; N = 30,5) montre que le produit obtenu résulte de la fixation d'un atome d'oxygène sur la molécule de l'anilide, fixation qui est suivie d'une déshydratation. Il répond donc à la formule (II) et doit être considéré comme un anilide-uréide d'une trihydroxyisoglyoxalone (III)

$$CO\langle\begin{matrix}NH-C & = & N \\ & | & \\ NH-C(NH.C^6H^5) & - & NH\end{matrix}\rangle CO \qquad (II)$$

$$\begin{matrix}OH-C & = & N \\ & | & \\ OH-C(OH) & - & NH\end{matrix}\rangle CO \qquad (III)$$

Ce corps est lentement altéré par les alcalis dilués; sous l'action des acides minéraux dilués à froid, il est immédiatement et totalement hydrolysé en acide oxalique, urée et aniline. Remarquons d'ailleurs que nous avons obtenu également le composé (II) en oxydant l'isoallantoylaniline par le permanganate (mais non par l'iode) en milieu alcalin.

Tout au contraire, lorsqu'on autoxyde, en présence de bioxyde de manganèse, une solution alcaline d'acide urique saturée d'aniline, il n'y a absorption que d'un atome d'oxygène par molécule d'acide urique; si l'on continue à agiter la solution dans l'oxygène, l'absorption devient extrêmement lente et il n'y a pas formation du composé (II). Ce phénomène est illustré par l'expérience suivante :

Une solution alcaline d'acide urique saturée d'aniline est agitée dans l'oxygène; il y a absorption rapide d'un atome d'oxygène, puis l'absorption devient quasi nulle; on acidule alors par l'acide acétique, puis alcalinise de nouveau; si l'on agite alors la solution obtenue dans l'oxygène, l'autoxydation reprend, et il y a formation du corps (II) qu'on peut aisément précipiter par un courant de gaz carbonique.

Nous devons donc conclure que, contrairement à l'opinion de Schuler et Reindel, l'isoallantoylaniline ne préexiste pas dans les solutions d'acide urique oxydées en milieu alcalin en présence d'aniline.

Remarquons d'ailleurs qu'on pourrait objecter que, dans les conditions où nous opérons, l'oxydation observée est celle d'un complexe acide urique-aniline. Rien ne nous permet de penser qu'un tel complexe existe; en particulier, les solutions que nous oxydons sont scindées intégralement par l'alcool en urate et aniline; d'autre part le rendement en isoallantoylaniline ne dépend pas du temps de contact entre l'acide urique et l'aniline; ce rendement est simplement d'autant plus élevé que l'oxydation est plus rapide, ce qui explique que notre rendement dépasse 50 pour 100 alors que Schuler et Reindel n'ont obtenu qu'un rendement de 24 pour 100.

III. Enfin, de nombreux essais nous ont montré que l'on n'obtient jamais de combinaison de l'isoallantoïne avec les amines lorsqu'on ajoute les amines à une solution alcaline d'acide urique fraîchement autoxydée en présence de bioxyde de manganèse.

Nous interprétons ce résultat en admettant que le produit primitif de l'oxydation A s'isomérise rapidement en un autre uréide A', qui ne peut s'unir aux amines.

IV. Résumant alors l'ensemble de nos observations, nous sommes amené à penser que l'autoxydation des solutions alcalines d'acide urique se fait d'après le schéma suivant :

1° L'acide urique fixe directement 1^{mol} d'oxygène pour donner un complexe UO^2 qui, en l'absence de tout catalyseur, se transforme en dérivés de l'acide oxalique (oxonamide, acide oxonique, etc.).

2° En présence de certains catalyseurs, le complexe UO^2 se scinde en $A + O$, A étant un uréide en C^5 susceptible de s'unir aux amines primaires et secondaires. La combinaison avec les amines n'est stable qu'en milieu fortement alcalin ; en milieu neutre ou faiblement alcalin, elle perd CO^2 et donne naissance à un dérivé de l'isoallantoïne (¹).

3° A s'isomérise rapidement en un nouvel uréide A' (en C^5) qui donne de l'allantoïne sous l'action des acides, et des uroxanates sous l'action des alcalis suivant le schéma classique.

Il est possible que le corps A' soit l'acide oxyacétylènediuréine carbonique; quant au corps A, sa nature reste à préciser (²).

GÉOLOGIE. — *Sur la bordure méridionale du massif granito-gneissique du Ségala.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. de Launay.

En suivant vers l'Ouest l'ensemble que j'ai défini sous le nom de schistes sériciteux des Cévennes méridionales et du Rouergue, dans la partie notée par Bergeron en schistes postdamiens, j'ai été conduit à examiner ses relations avec les gneiss et granites du massif de Rodez (³). Par la suite, d'autres interprétations ont été présentées. D'après une Note fort inté-

(¹) Ceci explique que l'autoxydation des solutions aqueuses d'acide urique dans la pipéridine donne *directement* naissance à l'isoallantoylpipéridine (*loc. cit.*).

(²) On pourrait imaginer que A possède une fonction oxyde d'éthylène, ce qui expliquerait la fixation aisée des amines par A.

(³) A. Demay, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1098; *B. S. G. F.*, 1, 1931, p. 663.

ressante ([1]) « la lentille de mylonite de Requista apparaît au milieu d'un puissant ensemble très plissé marqué par Bergeron en schistes postdamiens, mais qui est en réalité un gneiss fin ayant subi postérieurement à sa genèse une transformation en schistes d'origine tectonique ». Ceci ne vaut que dans un sens restreint, pour les mylonites plus ou moins schisteuses formées au détriment d'une zone d'injection magmatique postérieure aux schistes véritables. J'ai montré déjà que les « schistes postdamiens » de Bergeron sont bien des schistes et quartzites à peine métamorphiques, avec graphite et quartz détritique.

Une fois ce point acquis, il reste à définir les relations de cet ensemble épimétamorphique et des gneiss et granites, objet de mes Notes de 1931 et d'une Note ultérieure de MM. J. Durand et E. Raguin ([2]). Je distingue dans cette région, de haut en bas : 1° l'ensemble des schistes sériciteux et quartzites du Truel qui passent à des cornes et micaschistes à biotite et grenat et comportent des intercalations de gneiss d'imprégnation ou injection; 2° les schistes sériciteux et quartzites, micaschistes, cornes et schistes feldspathisés, gneiss à biotite, amphibolites du Viala du Tarn et de Montjaux (A. Demay, *op. cit.*, p. 671). Aussi bien dans 1 que dans 2, il y a, comme je l'ai indiqué d'une manière générale, passage de faciès à peine métamorphiques aux termes les plus transformés. Le granite porphyroïde et les gneiss œillés, pour une petite part orthogneissiques nés du laminage du granite, pour le restant gneiss d'injection et d'imprégnation liés au granite, constituent un laccolite ou une puissante apophyse logé à la limite de 1 et 2. Un granite identique qui apparaît dans la région de Montjaux entre la série 2 et un ensemble de gneiss largement cristallisés et de granite gneissique à biotite et à grain moyen (par exemple au sud de Bouloc) représente soit un laccolite inférieur, soit la partie haute de cet ensemble, qui peut être lui-même soit un batholite, soit un laccolite plus profond. Au toit du laccolite supérieur la zone d'injection et d'imprégnation, bien nette à l'Est (nord de Saint-Victor) et surtout à l'Ouest (Saint-Amand et Linas) est très réduite sur certains points. Il y a même parfois apparence de contact direct ([3]). L'injection et l'imprégnation, sans être bien considérables, sont plus étendues à la base du laccolite supérieur et au toit du

([1]) A. Michel-Lévy et J. Durand, *C. R. S. Géol.*, 2, 1932, p. 33.

([2]) J. Durand et E. Raguin, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 580. J. Durand (*Bull. Cart. géol.*, 36, 1933, p. 95) a apporté d'intéressantes observations.

([3]) Signalé d'abord par M. J. Durand, avec qui j'ai eu l'occasion de le voir.

laccolite inférieur. Toute la masse granitique et gneissique du Ségala apparaît ainsi comme liée lithologiquement aux termes les moins métamorphiques des séries 1 et 2 *et non pas comme un ensemble plus ancien, conclusion essentielle déjà exprimée dans mes premières Notes.* Le granite passe aux gneiss et ceux-ci aux schistes avec une zone intermédiaire souvent peu épaisse (*op. cit.*, p. 693).

Le caractère intrusif du granite que les auteurs précités ont signalé pour toute la région au nord et au sud du Tarn est vrai dans un certain sens pour le granite du Pinet, bien qu'il n'y ait pas montée discordante comme pour les granites nettement intrusifs, mais ne peut guère être admis pour le granite de Bouloc. Apercevant dès 1931 ces conditions particulières, j'ai évité l'expression de granite intrusif aussi bien que celle de granite profond. Il s'agit en fait au Pinet de l'apophyse laccolitique d'un batholite ou laccolite profond. On voit en même temps les faits qui s'opposent à l'idée formulée par les auteurs précités, de deux pays différents, l'un hautement métamorphique au nord du Tarn, l'autre formée de schistes bien moins cristallins au sud, séparés par une importante surface de dislocation que marquent des zones mylonitiques. En réalité le pays au nord du Tarn comprend des schistes et quartzites épimétamorphiques et non pas seulement des termes hautement métamorphiques. Ceux-ci d'ailleurs (sauf de manière problématique dans des enclaves) résultent essentiellement des mêmes phénomènes d'influence et d'injection magmatique qui ont joué aussi avec une puissance moindre au sud du Tarn. *Il n'y a pas changement de pays au sens lithologique et tectonique habituel du mot*, mais apparition d'une zone plus profonde par montée à la fois anticlinale et axiale. Enfin, comme les écrasements visibles près de la limite supposée des deux pays intéressent des roches qui existent de part et d'autre, granite et gneiss d'injection liés au granite, on ne voit pas que ces écrasements puissent définir une surface de dislocation entre deux pays lithologiquement distincts. *Dans cette région, au point de vue tectonique*, outre l'enracinement apparent dû à des replis aigus, je distingue un décollement et glissement tangentiel plus ou moins net de la série 1 sur les gneiss et le granite du laccolite supérieur, un décollement et glissement plus important de ceux-ci sur la série 2, accompagnés parfois d'écrasements intenses, puis un décollement et glissement de la série 2 et des gneiss d'imprégnation qui forment sa base, sur le granite sous-jacent. Ce ne sont pas des charriages de grande envergure, *puisque les relations d'injection restent visibles entre les écailles et leur substratum.* La mise en place du granite est en rapport avec

des mouvements de la même période, mais sans doute d'une phase antérieure.

Dans l'ensemble, quoique compliqués par la notion d'une apophyse laccolitique, les rapports lithologiques sont bien ceux que j'avais indiqués en 1931 (*op. cit.*, p. 693, 3°). Pour juger leur sens exact il ne faut pas perdre de vue qu'ici le métamorphisme régional, en dehors d'un léger épimétamorphisme thermique et dynamique, dépend entièrement de la montée magmatique. L'expression de fumerolles traduit exactement les phénomènes d'injection, sur lesquels je suis d'accord avec les auteurs précités, en accordant toutefois à ces phénomènes un rôle beaucoup plus important. Enfin l'interprétation tectonique de la présente Note coïncide avec une des deux hypothèses que j'avais envisagées en 1931, à savoir des décollements et laminages par mouvements tangentiels à certains niveaux à la base de l'ensemble des schistes séricíteux (*op. cit.*, p. 687).

GÉOLOGIE. — *Les limites stratigraphiques du Sénonien dans l'Aurès oriental (Algérie).* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

Limite inférieure. — Dans la moyenne vallée de l'Oued el Arab, il existe d'importants affleurements de Sénonien inférieur; aux environs de Kelaat et Trab, au lieu dit Tamden n'Tarachna, j'ai pu relever la coupe suivante, au-dessus des calcaires turoniens à Echinides :

1. Marno-calcaires avec intercalations de bancs de calcaires durs à *Echinoconus carcharicus* H. Coq., *Ostrea Costei* H. Coq., *Alectryonia dichotoma* Bayle (forme *A. acanthonota* H. Coq.), *Lima subsimplex* Thomas et Péron; épaisseur 10^m.

2. Marno-calcaires avec : *Barroisiceras Haberfellneri* F. von Hauer, *B. Haberfellneri* var. *alstadenensis* Schlüter, *Mortoniceras Zeilleri* de Gross., *Hemitissotia Morreni* H. Coq., *Heterotissotia neoceratites* Péron, *Tissotia tunisiensis* Perv., *Hemiaster Fourneli* Desh. et espèces voisines, *Cyphosoma Delamarrei* Desh., *Holectypus serialis* Desh., *Plicatula Ferryi* H. Coq.; presque tous les Céphalopodes proviennent d'une même couche de calcaires marneux, située vers la base, où ils sont très abondants; épaisseur 40^m.

3. Marnes, avec à la base : *Barroisiceras Romieuxi* Perv., *Gauthiericeras Roquei* Péron, *Tissotia Fourneli* Bayle var. *crassa* Perv., *Cerithium pustuliferum* Bayle, puis un peu plus haut *Tissotia Fourneli* Bayle, *T. Robini* Thioll., *T. Tissoti* Bayle, et enfin *T. Peroni* Hyatt; l'ensemble de ces couches a environ 200^m d'épaisseur; les Céphalopodes sont extrêmement abondants surtout dans la couche de base; sur toute

la hauteur, se rencontrent *Hemiaster Fourneli* Deshayes et des formes voisines, et *Plicatula Ferryi* H. Coq, celle-ci toujours extrêmement abondante.

Les couches précédentes disparaissent sous les alluvions de l'Oued.

4. On voit un peu plus en amont les niveaux plus élevés; ce sont des marno-calcaires jaunâtres à *Placenticeras syrtale* Meeck (non de Gross.) et *P.* cf. *Fritschi* de Gross., avec d'autres Ammonites, à cloison simple, qui sont probablement des *Hoplitoïdes*, enfin *Trigonia scabra* Lmk. en exemplaires de grande taille et d'admirable conservation et *Plicatula Ferryi.*

Toutes ces couches paraissent devoir être rapportées au Coniacien.

A la base, la zone à *Echinoconus carcharicus* est trop intimement liée aux couches à *Barroisiceras Haberfellneri* pour qu'on ne la place pas déjà dans le Coniacien; elle renferme du reste *Alectryonia dichotoma*, espèce assez caractéristique du Sénonien. La couche à *Barroisiceras Haberfellneri*, *Hemitissotia Morreni* et *Motoniceras Zeilleri* ne peut être placée ailleurs que dans le Coniacien inférieur. Toutefois, lorsqu'elles ne fournissent pas de Céphalopodes, les couches précédentes, avec leur faciès calcaire, sont assez difficiles à séparer du Turonien.

Les couches à *Tissotia* qui suivent ne contiennent que des Céphalopodes, mal connus dans les régions bien étudiées d'Europe, donc inutilisables pour des parallélismes précis. Enfin les couches supérieures (4) sont encore coniaciennes, avec deux *Placenticeras* à tubercules persistants sur le bord de l'ombilic qui, d'après de Grossouvre, ne montent pas plus haut que le Coniacien. Ceci prouve que le principal niveau des *Tissotia* est bien ici coniacien moyen comme en France et augmente la valeur stratigraphique générale de ces fossiles.

Limite supérieure. — Aux environs de Djellal on peut relever la coupe suivante du Sénonien supérieur, recouvert là par les couches de base du Nummulitique :

1. A la base, des marnes crayeuses blanches avec *Ostrea Villei* H. Coq, *Ostrea Aucapitainei* H. Coq, *Hemiaster medjesensis* Péron et Gauth., *Hemiaster* sp.; épaisseur 50^{m}.

2. Marnes noires et calcaires crayeux blancs, avec : *Bostrychoceras polyplocum* Roëmer, *Lybicoceras* sp., *Opisopneustes Cossoni* Thomas et Gauth., *Ostrea Villei* H. Coq., *Voluta* (*Aulica*) *stromboides* Munier-Ch., *Roudaireia* sp. *Echinobrissus subsitifensis* Péron et Gauth. (dont il y a de remarquables gisements plus à l'Est) à l'Adrar Tachandoute, au même niveau stratigraphique, où cet Echinide est associé à *Echinobrissus Meslei* Péron et Gaut. et *Cassidulus linguiformis* Péron et Gaut, et de nombreux Bryozoaires; épaisseur 250^{m} environ.

3. Calcaires massifs à *Ostrea Sverwegi* de Buch, très zoogènes, dont certains bancs

sont uniquement formés de débris de coquilles, de plaques et de piquants d'Oursins, de Bryozoaires et où l'on voit sur certaines couches des empreintes d'Algues. A la partie terminale j'ai recueilli *Libycoceras chargense* Blanck. et *Sphenodiscus* sp.; épaisseur, environ 50m.

4. Marnes verdâtres et noirâtres, avec bancs à *Exogyra Overwegi* de Buch (forme *Exogyra Fourneti* H. Coq.) à la partie inférieure, et lumachelles à *Ostrea Forgemolli* H. Coq., et *Ostrea Bomilcaris* H. Coq., avec *Plicatula* sp. et *Cerithium* sp., à la partie supérieure; épaisseur 60m. A la partie terminale, un banc calcaire, d'environ 2m d'épaisseur, contient des exemplaires de bonne conservation de *Cardita Beaumonti* d'Arch.

Les couches (1) et (2) avec *Bostrychoceras polyplocum* ne peuvent être placées que dans le Maëstrichtien inférieur; ce qui met les calcaires (3) dans le Maëstrichtien supérieur, position confirmée par *Libycoceras chargense*, dont le type provient de la partie terminale du Crétacé (Danien de Blanckenhorn). Les marnes noires (4) succédant à des couches maëstrichtiennes supérieures et contenant encore des fossiles nettement crétacés (leur Cérite est très voisin de certaines formes des couches à *Cardita Beaumonti* des Indes, du sous-genre *Pyrazus* d'après M. Douvillé, et *Ostrea Bolmicaris* est au moins très voisine d'*Ostrea Villei*) ne peuvent être que daniennes.

La présence d'un Danien bien daté tire son importance du fait qu'il appartient à une série marine continue dont la partie supérieure est nummulitique et contient les couches à phosphates.

SÉISMOLOGIE. — *Nouvelles formes de séismographes électromagnétiques.* Note de MM. **G. Grenet** et **J. Coulomb**, présentée par M. Ch. Maurain.

Dans une Note antérieure [1], dont nous utilisons les notations, nous avons donné le principe d'une théorie générale des séismographes à amplification électromagnétique. Nous ne pouvons faire ici l'étude complète de leurs propriétés; signalons seulement le point suivant : si $A = C$, on a $\alpha = \beta$, ou $\omega_0 = \Omega_0$, ou les deux. Dans certains cas la condition souvent recherchée de l'égalité des périodes peut alors être remplacée par l'égalité des amortissements. Cette substitution n'entraîne aucune modification des caractéristiques de l'appareil.

---

(1) J. Coulomb et G. Grenet, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1144. L'ensemble du travail esquissé dans nos deux Notes paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

Citons quelques séismographes intéressants, qui paraissent immédiatement réalisables.

1. *Faux Galitzine.* — Ces appareils ont exactement les propriétés recherchées dans celui de Galitzine. Comme dans celui-ci, on doit avoir $A = C = 4$, $B = 6$. Mais la réaction n'est plus négligée, les périodes du pendule et du galvanomètre sont différentes, sans toutefois que leur rapport puisse dépasser $3 + 2\sqrt{2}$; les amortissements sont égaux et inférieurs à 1. L'appareil est équivalent à un *vrai* Galitzine ayant pour période la moyenne géométrique des périodes du pendule et du galvanomètre. Ainsi les stations possédant des appareils Galitzine horizontaux de 24 secondes de période pourraient enfin construire un appareil vertical de même période avec un pendule de 12 secondes et un galvanomètre de 48.

2° *Faux Wenner.* — Ces appareils, comme celui de Wenner, sont équivalents à un appareil mécanique pour les périodes intéressantes [1]. La condition est que l'équation caractéristique admette une racine très petite et une très grande. L'avantage réside dans une obéissance rapide aux mouvements brusques du sol.

Dans la solution de Wenner, le galvanomètre est un fluxmètre; l'appareil est, pour les périodes moyennes, équivalent au pendule lui-même. Cette solution se prête mal à l'augmentation de la période. Au contraire si c'est au pendule qu'on donne un grand amortissement, le galvanomètre imposera, ou presque, sa période à l'ensemble.

Ainsi un séismographe ayant pour caractéristiques : « *Pendule :* période 5 secondes; amortissement 13; masse 1^{kg}. — *Galvanomètre :* période 30 secondes; amortissement 1,6; moment d'inertie 5 C. G. S. — *Distance du galvanomètre au papier sensible :* 1^{m} » donnera une amplification maxima de 1000 et se comportera, sauf pour les périodes inférieures à 2 secondes ou supérieures à 60 secondes, comme un appareil mécanique de 25 secondes de période, d'amortissement $1/\sqrt{2}$ et de même amplification.

Une autre classe importante de faux Wenner, mieux adaptée au calcul du déplacement vrai, s'obtient en s'imposant la condition $A = C$. Si l'on veut une grande amplification, en renonçant à obtenir une très grande période, on est conduit à prendre simultanément $\alpha = \beta$ et $\omega_0 = \Omega_0$.

3. *Appareils à amplification quasi constante.* — La courbe qui donne

---

(1) Le principe de cet appareil n'est pas sans analogie avec celui du Rhéographe d'Abraham.

l'amplification en fonction de la période peut comporter, soit un maximum unique, soit deux maxima séparés par un minimum. Dans un cas particulier les deux maxima peuvent se confondre avec le minimum, fournissant une courbe extraordinairement plate sur une large bande de périodes ([1]). On a alors :

$$8A = C(C^2+8), \qquad 2B = C^2+4.$$

La discussion fournit des limites étroites à ce genre d'appareils; il est impossible d'obtenir une grande amplification. Voici un exemple de résultat à envisager :

Pendule : Période 5 secondes; amortissement 7,3; Masse 10^{kg}. — *Galvanomètre :* Période 2 minutes; amortissement 0,51; moment d'inertie 10 C. G. S. — *Distance du galvanomètre au papier sensible :* 1^m. L'amplification maxima 180 resterait constante à $1/100^e$ près de 2 secondes à 1 minute.

La construction de cet appareil ouvrirait des perspectives nouvelles à l'étude des ondes longues.

En résumé, on peut faire jouer au galvanomètre d'un séismographe électromagnétique un rôle aussi important que celui du pendule dans la détermination des caractéristiques de l'appareil, sans le soumettre bien entendu à un effet direct du déplacement du sol. Dans certains cas, c'est le galvanomètre (dont le cadre pèse quelques grammes) qui impose son oscillation propre au pendule (dont la masse est de l'ordre du kilogramme). On conçoit donc qu'en faisant varier les caractéristiques du pendule, du galvanomètre, et leur réaction, on puisse envisager la réalisation d'appareils ayant des propriétés nouvelles.

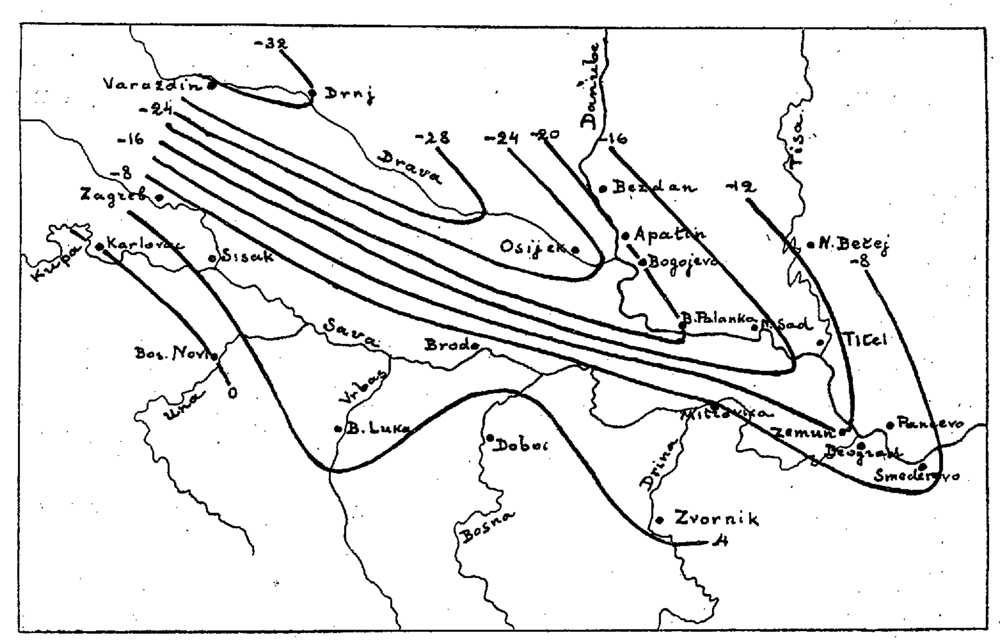
HYDROLOGIE. — *La propagation des composantes élémentaires dans le bassin yougoslave du Danube.* Note ([2]) de M. V. **Frolow**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Les données de 23 hydromètres yougoslaves ([3]), marquées sur les cartes de cette Note, ont été analysées suivant la méthode de M. H. Labrouste.

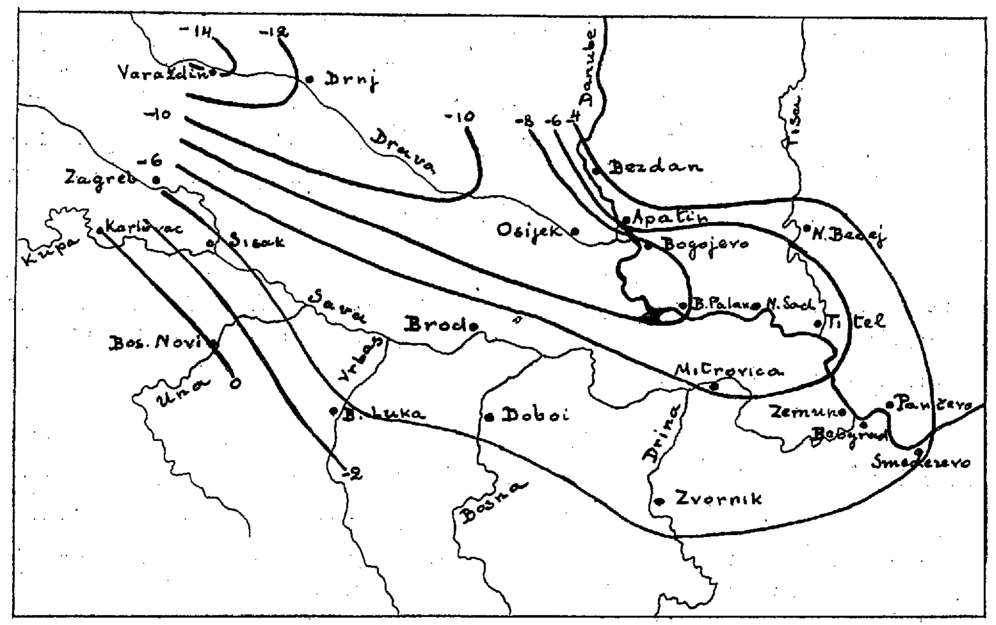
([1]) Rien d'analogue ne se présente pour le déphasage entre les mouvements du galvanomètre et du sol. Cette quantité augmente constamment avec la période.

([2]) Séance du 3 décembre 1934.

([3]) *Izvestaj o vodestajima glavnih reka kraljevine srba, hrvata i slovenaca u toku* 1919-1924, Beograd, 1925.



Isophases T = 12.



Isophases T = 6.

Ci-dessous sont résumés les résultats relatifs aux composantes annuelle et semi-annuelle, dégagées pour les années 1921, 1922 et 1923.

Il a été constaté qu'aux différents hydromètres il existe une différence de phase légèrement variable. On a considéré sa valeur moyenne. Les cotes ainsi obtenues ont servi au tracé des isophases à équidistance de 4 pour 100 pour la composante annuelle et de 2 pour 100 de la période pour la composante semi-annuelle. Sur les cartes, les courbes sont cotées à partir de celle où la phase est la plus précoce, et les valeurs inscrites donnent le retard dans la production de la même phase en pour 100 de la période.

Les conclusions suivantes résultent de l'examen des deux cartes construites :

1° Il existe un sens de propagation, sensiblement le même, pour les deux composantes étudiées.

2° Les vitesses de propagation diffèrent suivant la composante. L'annuelle est la plus lente des deux; il lui faut de 4 à 5 fois plus de temps qu'a la composante semi-annuelle pour franchir le même espace. En tenant compte du rapport des périodes, on peut dire que les vitesses sont dans un rapport voisin de l'inverse de celui-ci.

3° Le sens de propagation est variable de vallée à vallée. Pour la Sava et ses affluents, pour la Tissa et pour le Danube en amont de Bogojevo il va de l'amont à l'aval. Par contre, pour le Danube en aval de Bogejevo et pour la Drave la progression se fait d'aval à l'amont.

4° Le fait connu que le régime du cours balkanique du Danube est déterminé par ses affluents hongrois et yougoslaves explique la différence de comportement de ce fleuve en amont et en aval de Bogojevo. En ce qui concerne la Drava, il faut remarquer qu'elle descend d'un massif alpin de haute altitude, ce qui provoque apparemment un début d'alimentation annuelle plus précoce dans son cours aval. Par contre, la Sava est alimentée par des affluents venus des monts de Bosnie, à crue d'autant plus tardive qu'ils sont plus éloignés de l'Adriatique, donc des sources de cette rivière.

5° Ces remarques conduisent à admettre la possibilité d'une dépendance entre le sens de propagation des composantes et le genre d'alimentation du cours d'eau. Les cartes de cette Note donnent l'exemple de deux catégories de bassins versants : ceux à l'alimentation anoplimirique — c'est-à-dire ceux où la partie aval reçoit les apports plus précoces que la partie amont (Drava) — et les bassins versants à alimentation katoplimirique — retardant d'amont à l'aval (Sava).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure et l'évolution des noyaux à chromocentres.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On sait que beaucoup de noyaux renferment à l'état de repos des éléments colorables particuliers auxquels est réservé le nom de chromocentres. Or, dans certaines plantes, on a décrit des chromocentres se transformant directement dans les chromosomes au cours de la prophase caryocinétique : à cette catégorie de chromocentres, Eichhorn ([1]) a proposé récemment de limiter l'ancien terme de *prochromosomes*. Cependant la notion de prochromosome ainsi définie est combattue par J. Doutreligne ([2]) qui décrit une évolution des chromocentres dans laquelle ces derniers représentent, non le chromosome total, mais une partie seulement du chromosome; les chromocentres ainsi caractérisés correspondraient aux *euchromocentres* de Grégoire.

A la suite de recherches sur le *Lathræa clandestina* ([3]), où nous avions montré que les chromocentres volumineux des noyaux de cette plante subissent une évolution voisine du type euchromocentrique, nous avons étendu nos observations à diverses Phanérogames ayant des affinités avec les *Lathræa* ou appartenant à des familles variées. Nous avons trouvé dans le *Rhinanthus crista-galli* des noyaux d'un type analogue à celui des *Lathræa*, ayant des chromocentres de grande taille, dont certains peuvent même former de véritables plaques chromatiques appliquées contre la membrane nucléaire; le nucléole est relativement gros et relié à certains chromocentres par un filament chromatique. Il paraît impossible d'interpréter ces chromocentres, soit comme des prochromosomes, soit comme des euchromocentres. La Bryone dioïque possède des noyaux se rapprochant des précédentes, mais les chromocentres y présentent des contours très irréguliers et ils sont assez souvent résolus en grains chromatiques très nombreux.

Un type de chromocentres différent se rencontre dans les noyaux de la Balsamine, du Lupin, du Ricin, de la Courge, du Melon, du Haricot. Les éléments chromatiques appliqués contre la membrane dans le noyau au

---

([1]) A. Eichhorn, *C. R. Soc. Biol.*, **104**, 1930, p. 854.
([2]) J. Doutreligne, *Trav. biol. Inst. J. B. Carnoy*, **14**, 1933, p. 31.
([3]) Pierre Dangeard, *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 375.

repos sont de petite taille et ordinairement nombreux. Le nucléoplasme semble homogène, surtout après l'emploi du fixateur Regaud. Les chromocentres, dans ces exemples, ne se transforment pas directement dans les chromosomes définitifs, mais présentent une évolution du type euchromocentrique, c'est-à-dire qu'ils passent par des stades en bâtonnets droits ou infléchis et qu'ils s'adjoignent, au cours de la prophase, des filaments peu colorés qui semblent les prolonger.

Il existe cependant des chromosomes qui apparaissent isolément et sans liaison visible avec des chromocentres, par exemple chez le Ricin : ce fait ne surprendra pas si l'on note que les chromocentres, dans le Ricin, sont constamment moins nombreux que les chromosomes. Ceci se rapproche de ce qui se passe dans le *Lathræa*, où des filaments, d'abord peu chromatiques, apparaissent à la prophase indépendamment des chromocentres. Un *Cyclanthera* que nous avons étudié et le Dattier nous montrent aussi des noyaux où les chromosomes font leur apparition sans relation avec des chromocentres, mais ici les noyaux, bien que nettement homogènes à l'état quiescent, sont parfois tout à fait dépourvus de chromocentres. Il y a donc, dans ces deux exemples, un type très spécial de noyau et probablement aussi de division nucléaire.

Dans les noyaux, d'autre part, dont l'évolution se fait incontestablement suivant le mode euchromocentrique, nous n'avons pas toujours retrouvé des chromocentres prolongés à leurs deux extrémités par des filaments achromatiques et il n'est pas douteux pour nous que, dans certains cas (Ricin, Haricot), il y ait des chromocentres prophasiques prolongés seulement d'un côté par un filament achromatique, de sorte qu'ils ne correspondraient pas toujours à la région d'insertion d'un chromosome coudé.

Les nucléoles, dans tous les exemples que nous venons de citer, sont porteurs de grains chromatiques ou de protubérances, qui sont fixés sur leur pourtour ; assez souvent, ces granules sont situés à une certaine distance du nucléole et rattachés à lui par un tractus très fin ; on a donc l'apparence d'un bourgeonnement par le nucléole. Ces grains rattachés au nucléole ou fixés sur lui se colorent par la méthode de Feulgen, tandis que les nucléoles restent incolores. Il s'agit, d'après nous, de chromocentres qui se distinguent des autres par leur adhérence ou leur liaison, encore inexpliquée, avec le nucléole.

Ces chromocentres satellites du nucléole ne paraissent pas avoir attiré l'attention jusqu'ici : en effet, ils ne semblent pas correspondre aux protubé-

rances signalées tout récemment chez le *Sinapis nigra* et chez le Lupin [1], car ces dernières seraient formées de substance nucléolaire et correspondraient seulement à une dépendance du corps nucléolaire, d'après les dernières observations d'Eichhorn et Franquet [2]. En dehors des exemples déjà cités, nous avons trouvé des chromocentres reliés aux nucléoles chez l'*Elodea*, le *Capsella*, la Capucine : ils sont donc très répandus chez les plantes à noyaux chromocentriques.

Nos observations nous amènent donc à distinguer, à côté des noyaux à euchromocentres, deux sortes de noyaux : ceux à gros chromocentres pariétaux (*Lathræa*, *Rhinanthus*, *Bryonia*) et ceux à nucléoplasme homogène, mais sans chromocentres, ou avec de rares chromocentres (*Cyclanthera*, Dattier). Nous sommes amené également à confirmer l'existence d'une évolution nucléaire du type euchromocentrique et à mettre en doute au contraire la notion même de prochromosomes.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'influence de la provenance pédologique des semences dans la culture des céréales.* Note de M. **Henri Erhart**, présentée par M. Costantin.

Dans des cultures en pots faites au laboratoire avec des types de sols différents, nous avons constaté les faits suivants : des céréales (orge, blé, seigle) de variété déterminée, cultivées dans des conditions toujours strictement identiques de température et d'humidité, montrent un développement très inégal dû à l'apparition d'un champignon parasite, le *Cladosporium herbarum* (*Mycosphærella Tulasnei*). Sur certains des milieux pédologiques utilisés les plantes ne deviennent jamais malades et sont absolument réfractaires au parasite.

Il y a donc, pour ce qui concerne le développement de *Cladosporium herbarum*, des types de sols pathogènes et des types de sols immunisants [3].

Il semble que la réceptivité ou la résistance à la maladie découle de l'alimentation particulière que le sol offre à la plante, sinon de certains facteurs biologiques particuliers à chaque type de sol. Il est intéressant de

(1) A. Eichhorn, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 535; . **115**, 1934, p. 1084.

(2) A. Eichhorn et R. Franquet, *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 326

(3) Le terme immunisant est pris ici dans un sens large et non bactériologique.

faire remarquer que dans nos expériences le sol qui a eu la propriété d'immuniser les plantes contre le champignon parasite est constitué par des anciens sols de steppe (tchernoziome) du lœss (1), c'est-à-dire par des sols qui reproduisent le milieu pédologique naturel et autochtone des céréales.

Ces observations nous ont incité à rechercher quel pouvait être le comportement des cultures en employant des semences de même variété, mais de provenance pédologique différente (c'est-à-dire ayant été récoltées sur des sols différents) lorsqu'on les sème toutes dans un même milieu pathogène bien défini. De nombreuses expériences conduites dans ce sens ont montré que la provenance pédologique des semences est d'une importance capitale pour le comportement des plantes vis-à-vis du parasite. On constate qu'une même variété, cultivée dans un même milieu pathogène, peut être une fois fortement attaquée par le parasite, une autre fois n'être attaquée que très faiblement, ou même pas du tout, suivant l'origine pédologique des semences employées.

Le fait saillant de cette série d'expériences est que les semences provenant des tchernoziomes, c'est-à-dire des sols qui ont été reconnus dans les premières expériences comme possédant la plus forte propriété immunisante contre le parasite, ont donné, quoique cultivées en milieu pathogène, des plantes complètement réfractaires aux parasites.

Ainsi l'influence de la provenance pédologique des semences pour la culture des céréales semble bien démontrée et il semble aussi qu'on soit autorisé à tirer la conclusion générale suivante : un milieu pédologique favorable empêche non seulement l'apparition de certaines maladies dans les cultures qu'il porte, mais il agit encore de telle sorte qu'il confère aux semences élaborées sur ce milieu un potentiel de vitalité tel, que, lorsqu'on les sème postérieurement dans un milieu pathogène, les cultures qui en descendent restent réfractaires à ces maladies, au moins pour un certain temps.

Ces conclusions renferment un principe agronomique nouveau qui pourrait avoir une grande portée pour la production des semences, c'est le principe de la sélection pédologique. Celle-ci paraît capable d'enrayer la dégénérescence physiologique des plantes due à une culture dans des milieux pédologiques défavorables. Elle apparaît comme un complément nécessaire à la sélection génétique et absolument indispensable pour que cette dernière atteigne sa pleine valeur.

---

(1) Henri Erhart, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 554 et 1003.

CYTOLOGIE. — *Étude des modifications de la zone de Golgi des cellules périovocytaires dans leurs rapports avec le développement de l'ovocyte et le déclenchement de la mitose de maturation précessive de l'ovulation et de la formation du corps jaune chez le Lapin.* Note [1] de M. **René Moricard**, présentée par M. A. Gosset.

Dans une étude sur la formation du corps jaune chez une lapine, 7 heures après coït, Sobotta [2] a noté dans les follicules mûrs la présence d'ovocytes en métaphase de première mitose de maturation. A la dixième heure environ l'ovulation survient accompagnée de la transformation lutéinique des cellules de la granulosa (Sobotta).

Nous avons étudié certaines variations de la zone de Golgi (Parat) [3] des cellules granuleuses périovocytaires [4].

Chez la lapine adulte. — 1° Les follicules primaires ne possédant qu'une seule assise de cellules granuleuses ont un ovocyte qui augmente de diamètre : il passe d'environ 20^{μ} à environ 60^{μ}.

Pour les ovocytes ayant un diamètre d'environ 20^{μ}, il existe une zone de Golgi juxtanucléaire de structure granuleuse.

Pour les ovocytes ayant un diamètre d'environ 60^{μ}, le noyau a augmenté de diamètre, la zone de Golgi juxtanucléaire disparaît. L'ovocyte est entouré par une seule assise de cellules granuleuses qui possède une zone de Golgi très régulièrement orientée vers l'ovocyte. De dehors en dedans, on trouve : *a*, le noyau des cellules granuleuses ; *b*, la zone de Golgi des cellules granuleuses ; *c*, l'ovocyte entouré par un mince chorion à la face interne duquel on note la présence de quelques éléments de Golgi.

2° Les follicules primaires possédant une deuxième assise de cellules granuleuses présentent des modifications cytologiques importantes.

La deuxième assise de cellules apparaît en dedans de la première et constitue la couronne radiaire dont les éléments cellulaires restent au contact du chorion. L'augmentation de diamètre de l'ovocyte se stabilise, le chorion s'épaissit, les cellules de la couronne radiaire ont une zone de

---

(1) Séance du 3 décembre 1934.

(2) *Anat. Hefte*, 8, 1897, p. 469.

(3) *Arch. d'Anat. microsc.*, 24, 1928, p. 105.

(4) Nous avons utilisé la technique de Da Fano : fixation 24 heures à basse température (5°) et la nitration a été très exactement prolongée pendant 3 jours.

Golgi qui n'est plus régulièrement orientée vers l'ovocyte. La zone de Golgi est tantôt extérieure, tantôt latérale, tantôt en dedans du noyau des cellules; les trois premières positions étant prédominantes.

Le développement folliculaire va se poursuivre sans que l'ovocyte subisse d'augmentation importante de son diamètre.

3° Sur les follicules où la cavité folliculaire apparaît, le noyau de l'ovocyte devient excentrique.

Sur les follicules murs les cellules périovocytaires ont une zone de Golgi située généralement en dedans de leur noyau. Sur quelques cellules plus externes et dont le noyau est distant d'environ 15 à 20$^{\mu}$ du chorion, la zone de Golgi se prolonge vers l'ovocyte constituant un appendice qui vient s'implanter à la surface du chorion. A la face profonde du chorion on trouve de nombreux éléments de Golgi constituant une assise de grains qui doublent la face profonde du chorion, le noyau de l'ovocyte est représenté par une tache claire; en dedans du noyau au centre de l'ovocyte, il existe généralement un amas d'éléments de Golgi (corps de Balbiani secondaire), l'ovocyte apparaît en jaune pâle avec une structure très différenciée dans la répartition des éléments de Golgi.

Nous avons étudié deux ovaires une demi-heure après coït. Dans ces conditions, le noyau de l'ovocyte conserve sa membrane, il n'y a pas de modifications importantes de la chromatine, la structure de l'ovocyte persiste quant à la répartition des éléments de Golgi.

Nous avons étudié quatre ovaires 7 heures après coït. Dans les follicules mûrs le noyau de l'ovocyte est constamment en métaphase de mitose de maturation, les éléments de Golgi sont dispersés dans le protoplasme de l'ovocyte, ils peuvent prédominer dans la région de la mitose réductionnelle. Les cellules de la couronne radiaire se sont éloignées du chorion, sur des coupes équatoriales de l'ovocyte, on peut trouver toutes les zones de Golgi des cellules de la couronne radiaire orientées vers l'ovocyte.

Ces zones de Golgi sont très élargies et ont un diamètre qui peut être égal ou supérieur à celui du noyau des cellules de la couronne radiaire. Un grand nombre de cellules périovocytaires possèdent un prolongement qui vient s'implanter à la surface du chorion. En s'appuyant sur la théorie de Guillermond [1] et de Parat quant à la valeur de certains éléments imprégnés par la méthode de Da Fano, nous désignerons cette formation

---

(1) *Cytologie végétale*, Paris, 1933.

sous le terme de *vacuome radié*. On peut observer des images de pénétration du chorion par les éléments de Golgi contenus dans le prolongement des cellules périovocytaires. On voit une file de quelques grains traversant le chorion, ils aboutissent à la face profonde du chorion sur un amas d'éléments de Golgi, ce qui donne à l'image un aspect en clou.

Ces faits démontrent que le déclenchement de la mitose réductionnelle précède chez le lapin l'ovulation et la formation du corps jaune.

Lors de la croissance de l'ovocyte dans le follicule primaire, lors du déclenchement de la mitose fonctionnelle, on trouve des images de section équatoriale de l'ovocyte où toutes les cellules pério-vocytaires ont leur zone de Golgi orientée vers l'ovocyte. Lors de la maturation de l'ovocyte on peut observer des images de pénétration du chorion. Ces faits sont à rapprocher de ce qu'on sait de la vitellogenèse de la Seiche (Yung Ko Chung) (1) et de la vitellogenèse de *Testudo græca* (Bhattacharya D. R.) (2).

On est amené à rechercher les conditions extrinsèques qui déclenchent la mitose réductionnelle, phénomène qui paraît, pour une part, relié à une variation secrétoire des cellules périovocytaires.

ENTOMOLOGIE. — *Modifications cytologiques et organiques engendrées chez les pucerons par les Hymenoptères parasites*. Note (3) de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Le parasitisme provoque très souvent, chez les êtres vivants, des réactions histologiques et cytologiques qui peuvent modifier plus ou moins profondément la structure et le fonctionnement de certains organes et même avoir un retentissement sur la morphologie générale. La castration parasitaire, les modifications parfois importantes des caractères sexuels secondaires sont des phénomènes biologiques bien connus et étudiés depuis longtemps chez les Arthropodes.

Mes recherches ont porté principalement sur les réactions cellulaires et organiques engendrées chez les Pucerons par divers petits Hyménoptères parasites. Les observations ont été faites sur coupes en série après fixation par les mélanges de Helly et de Duboscq-Brasil et coloration par l'hématoxyline ferrique ou le Giemsa.

---

(1) *Annales de l'Institut océanographique*, 27, 1930, p. 305.

(2) *Zeitsch. f. Zellforsch.*, 8, 1929, p. 567.

(3) Séance du 3 décembre 1934.

Chez tous les Pucerons parasités, j'ai constaté la disparition plus ou moins complète des organes de reproduction peu après le début du développement des larves parasites. Il s'agit donc là d'un véritable phénomène de castration parasitaire, mais sans modification importante des caractères sexuels secondaires. Un autre phénomène réactionnel concomitant qui ne paraît pas avoir été observé jusqu'ici, c'est la production de cellules géantes dont les dimensions peuvent atteindre jusqu'à 150 et même 200^{μ}. P. Marchal, étudiant le développement embryonnaire de *Trichacis remulus* Walker, et de divers Platygasters parasites des larves de Cécidomyes, a constaté l'existence, autour de l'embryon, d'un kyste de cellules géantes dont il attribue la formation à une réaction des tissus de l'hôte (¹). J'ai signalé également, chez les chenilles de *Pieris brassicæ* parasitées par *Apanteles glomeratus*, la formation de cellules géantes libres aux dépens des œnocytoïdes du sang (²). Chez les Pucerons parasités, les cellules géantes tirent leur origine des cellules sexuelles.

Le début de la formation des cellules géantes est assez difficile à mettre en évidence; une fois seulement, j'ai pu observer, chez une jeune femelle ovipare de *Chaitophorus aceris* (forme *lyropictus*) parasitée par *Aphidius ribis* Hal., un amas de cellules germinales en voie de dispersion; ces éléments, dont quelques-uns encore étaient reliés par un pédoncule à la masse résiduelle, présentaient déjà la structure des cellules géantes : le noyau, en particulier, est caractérisé par la présence de nombreux petits nucléoles groupés en amas de forme et de grosseur assez irrégulières; entre les amas nucléolaires se rencontrent les grains de chromatine plus faiblement sidérophiles; grains de chromatine et nucléoles sont en suspension dans une masse fluide éosinophile. Je n'ai pu déterminer si les cellules germinales évoluent en cellules géantes avant leur différenciation en oocytes et cellules nutritives. Dans le cas des femelles vivipares, il semble bien que les cellules géantes dérivent directement des ovules.

En grossissant, le noyau des cellules géantes conserve sa structure primitive; il peut affecter les formes les plus variées. Le cytoplasme, assez homogène au début, se vacuolise ensuite, principalement dans la zone périphérique. La structure des cellules géantes est sensiblement la même chez les mâles et les femelles ovipares et vivipares.

Un certain nombre d'ovules, chez les femelles ovipares, ou d'embryons, chez les femelles vivipares, peuvent se développer concurremment à la

(¹) *Arch. Zool. expérim. et génér.*, 4ᵉ série, 4, 1906, p. 486-640.
(²) *C. R. Soc. biol.*, **81**, 1918, p. 187.

larve parasite, mais ils ne parviennent pas au terme de leur développement; chez les mâles, par contre, un certain nombre de spermatocytes peuvent évoluer en spermatozoïdes.

La présence de cellules géantes a été constatée chez des Pucerons sans larve parasite en voie de développement; mais j'ai pu observer, chez un certain nombre d'entre eux, les restes d'embryons parasitaires sous forme d'amas de petites cellules avec noyau très souvent en état de picnose. Les autres ne présentant aucune trace de parasitisme, on peut admettre que l'embryon parasite était complètement résorbé au moment de l'examen. Le cas a été observé notamment chez une jeune fondatrice de *Chaitophorus aceris :* les organes génitaux avaient complètement disparu et la cavité générale était remplie de cellules géantes et de syncytia de très grandes dimensions.

La cause qui détermine la croissance anormale des cellules géantes n'a pu être définie. Elle semble se manifester seulement sur les éléments cellulaires n'ayant pas dépassé un certain degré de développement et de différenciation. Lorsque le développement embryonnaire a commencé chez les femelles vivipares ou que l'ovule est bien différencié chez les femelles ovipares, la production de cellules géantes devient impossible. Ainsi s'expliqueraient les différences notables que l'on observe chez les Pucerons parasités tant au point de vue du nombre des cellules géantes que de l'état de développement des glandes génitales.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Rapport entre l'ossification du squelette et l'état du calcium sanguin chez les Poissons.* Note de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. L. Lapicque.

Nous avons déjà signalé antérieurement les résultats de certains de nos travaux concernant les relations existant entre la composition chimique du milieu intérieur et la nature du squelette chez les Poissons. Nous avons en particulier remarqué [1] que l'état cartilagineux ou fibreux du squelette des Sélaciens ou des Cyclostomes ne correspondait pas à une déficience en calcium total du milieu intérieur, car les calcémies de ces poissons sont tout à fait du même ordre et même dans l'ensemble (comme nous l'ont montré de plus nombreux dosages) légèrement supérieures à celles des

---

[1] En collaboration avec P. Portier, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1218.

Téléostéens. D'autres résultats (¹) relatifs au phosphore minéral et à la réserve alcaline nous ont amené à penser qu'il existait sans doute des différences dans l'état du calcium de ces divers ordres. Effectivement l'étude d'une des formes de ce calcium, le calcium adsorbable par le sulfate de baryum nous a conduit à des résultats intéressants. En ce qui concerne la mise en évidence du rôle important joué par cette fraction de calcium dans l'ossification du squelette des mammifères, nous ne pouvons ici renvoyer qu'aux récents travaux de Benjamin et de Hess (²), auteurs dont nous avons utilisé la technique. Signalons seulement que le cartilage d'os long rachitique capable de fixer du calcium dans le sérum normal (où le rapport en pour cent du calcium adsorbable au calcium total est de 56 pour 100 chez le rat) ne peut plus en fixer dans un sérum rachitique (où ce rapport est tombé à 36 pour 100).

Les chiffres que nous donnons ci-dessous expriment les valeurs trouvées pour ce même rapport dans les sérums des poissons étudiés (³).

		$\frac{\text{Ca ads.}}{\text{Ca total}} \times 100.$
Cyclostomes :	*Petromyzon marinus*	24
Sélaciens	*Scylliorhinus canicula*	25
	Raia clavata	29
Téléostéens marins	*Labrus berggylta*	51
	Pleuronectes platessa	53
	Scomber scombrus	46
	Conger vulgaris	40
Téléostéens d'eau douce	*Cyprinus carpio*	43
	Anguilla vulgaris	41

Ainsi donc, chez les Cyclostomes, dont le squelette est en grande partie membraneux, dont le cartilage, peu abondant d'ailleurs, n'est jamais ni calcifié, ni ossifié, nous trouvons le chiffre le plus bas. Des chiffres légèrement supérieurs sont obtenus chez les Sélaciens, élasmobranches présentant un squelette interne essentiellement cartilagineux, qui, en certaines régions, peut s'imprégner de sels calcaires, sans présenter de véritable ossification. Par contre la teneur en calcium adsorbable est beaucoup plus élevée chez tous les Téléostéens que nous avons examinés. Il existe donc une relation

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 395; **196**, 1933, p. 1439.

(²) H. R. Benjamin et A. F. Hess. *Journ. of Biol. Chem.*, **100**, 1933, p. 27.

(³) Les teneurs en calcium ayant servi à l'établissement de ces rapports seront publiées dans un prochain Mémoire.

des plus nettes entre l'état du squelette et le rapport du calcium adsorbable au calcium total dans le sérum. Signalons que d'après les expériences de H. R. Benjamin [1] sur des milieux artificiels, les fluctuations de cette forme de calcium seraient directement soumises aux variations des teneurs en bicarbonates et en phosphore minéral de ces milieux. Or, nous avons précisément montré que Cyclostomes et Sélaciens s'opposaient aux Téléostéens par une réserve alcaline et une phosphatémie nettement plus basses. Ces différences n'entrent sans doute pas en jeu dans l'ossification du squelette tant par elles-mêmes que comme modificatrices de la forme sous laquelle se trouve une partie du calcium sanguin.

MICROBIOLOGIE. — *Agglutination de différentes Bactéries par le suc de citron.* Note [2] de MM. **Ph. Lasseur** et **M.-A. Renaux**, transmise par M. Hyacinthe Vincent.

G. Visco (1933) a montré que le suc de citron est capable d'agglutiner une série de Bactéries pathogènes. Le savant italien semble attribuer, au moins pour une part, la précipitation des Bactéries étudiées à des pseudo-agglutinines, au sens de Carbone. Nous plaçant à un point de vue différent, nous avons étudié l'agglutination de diverses Bactéries chromogènes ou saprophytes par le suc de citron. Dans nos essais, le suc de citron (mélange de 4 à 10 citrons), doué d'un pouvoir tampon marqué (fait connu), offre un pH variant de 2,03 à 2,37.

Le pouvoir agglutinant du suc de citron varie avec l'espèce bactérienne considérée. Les dilutions limites d'agglutination sont de l'ordre de 1/25e pour *B. pyocyaneus*, de 1/1600e pour *B. prodigiosus*. La détermination de la dilution limite d'agglutination a été effectuée non seulement à la loupe, mais encore à l'aide du néphéloabsorptiomètre de Kipp, ce qui nous a permis d'établir des courbes de précipitation.

L'étude comparative des courbes de précipitation montre une similitude entre la courbe de précipitation par le suc de citron et la courbe de précipitation par l'acide citrique, dans le cas de *B. chlororaphis* et une similitude entre la courbe de précipitation par le suc de citron (G) et la courbe de précipitation (I) par la solution tampon citrate de soude + acide citrique (solution de Davis), dans le cas de *B. prodigiosus*.

---

(1) *Journ. of Biol. Chem.*, 100, 1933, p. 57.

(2) Séance du 18 juin 1934.

Ces faits plaident évidemment en faveur de l'agglutination par les ions H_+.

Il y a plus, l'addition d'une partie de solution tampon (de Mac Ilvaine) de pH = 8 à une partie de suc de citron dilué à 1/6,25 dans l'eau distillée, lui fait perdre son pouvoir agglutinant pour *B. balticus*, *B. prodigiosus*, *B. subtilis*, et cependant le pH des systèmes ainsi réalisés n'est que de l'ordre de pH = 6.

On peut objecter que l'apport de solution tampon modifie non seulement le pH, mais encore la concentration des systèmes en électrolytes. Pour tenir compte de cette complication possible, nous avons déterminé la conductibilité du suc de citron dilué dans l'eau physiologique, celle du suc de citron additionné de solution tampon et celle enfin de l'eau physiologique. Voici quelques-unes des valeurs observées :

Désignation des solutions.	Conductibilité spécifique à 25° C.
Suc de citron dilué dans l'eau physiologique, dilution 1/200	$K = 17,283 \times 10^{-6}$
Suc de citron additionné de solution tampon et dilué dans l'eau physiologique, dilution 1/200	$K = 18,058 \times 10^{-6}$
Eau physiologique	$K = 16,777 \times 10^{-6}$

Le suc de citron dilué à 1/6,25 comme il est indiqué plus haut, puis additionné d'une partie de solution tampon et dilué enfin dans l'eau physiologique, a donc une conductibilité voisine de celle du suc de citron dilué dans l'eau physiologique et non additionné de solution tampon.

Le chauffage à 80° C. (durant 40 minutes) seul ou combiné à la filtration sur bougie Chamberland L_5 ne modifie pas de façon appréciable le pouvoir agglutinant du suc de citron.

L'ensemble de ces faits trouve une interprétation dans l'agglutination par les ions H_+.

Dans les réactions anticorps, l'agglutination ne peut se produire qu'en présence d'une quantité déterminée d'électrolytes. Avec le suc de citron, il n'y a pas de règle générale. Ainsi, en dehors de tout apport d'électrolytes, le suc de citron est incapable d'agglutiner *B. prodigiosus*. Par contre, *B. subtilis* (souche Marburg) est agglutiné à un taux plus élevé dans l'eau distillée que dans l'eau physiologique. Enfin, l'agglutination de *B. balticus* ne paraît pas influencée par la présence d'électrolytes.

Après contact du suc de citron avec les corps microbiens (réaction de Castellani), comparons la chute du pouvoir agglutinant et la modification du pH, nous arrivons aux conclusions suivantes : la chute du pouvoir agglutinant [exemple : *B. subtilis* (souche Neisser), *B. balticus*, *B. prodigiosus*] s'accompagne d'une diminution de la concentration en ions H_+.

Ainsi, à la dilution de 1/25, le pH passe de 2,58 à 3,22, et à la dilution de 1/400, il passe de 3,90 à 4,49.

Lorsque le contact des corps microbiens ne détermine aucune chute du pouvoir agglutinant [Exemple : *B. subtilis* (souche Michigan)], le pH est très faiblement modifié.

En résumé, l'ensemble des résultats obtenus plaide plutôt en faveur d'une agglutination par les ions H_+, qu'en faveur d'une réaction anticorps.

IMMUNOLOGIE. — *Sur l'immunité antitoxique « générale » et « locale ».* Note (1) de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Miloutine Djourichitch**, présentée par M. F. Mesnil.

Dès 1891, Ehrlich (2) a réalisé l'immunité de l'œil du lapin contre l'action toxique de la ricine, à l'aide d'applications, sur cet œil même, d'une pommade à la ricine. De même Römer (3), par des instillations locales d'abrine, a pu immuniser la conjonctive du lapin contre cette toxine végétale. Pour Römer comme pour Ehrlich, il s'agit là d'une *immunité strictement locale* précédant l'immunité générale (4). Cette idée d'une immunité strictement locale trouve encore des adeptes actuellement (5). Ces dernières années, Besredka par ses travaux (6) l'a mise, de nouveau, en évidence. D'après Besredka, si l'on pratique chez des lapins dont la peau est rasée, la cuti-vaccination au moyen de pommades renfermant de la toxine diphtérique, on crée une immunité spécifique et *rigoureusement locale*. Au cours d'une série d'essais, nous avons repris l'étude de cette question d'un puissant intérêt doctrinal.

I. Dans un premier groupe d'expériences, nous avons instillé dans l'œil

(1) Séance du 3 décembre 1934.

(2) *Deutsche Med. Woch.*, 17, 1891, p. 966.

(3) *Grafe's Archiv f. Opht.*, 52, 1900, p. 72.

(4) Ces expériences ont servi d'appui à la fameuse théorie dite des chaînes latérales de l'illustre immunologiste allemand. En fait, d'après Ehrlich, comme d'après Römer, l'antitoxine est produite sur place par les cellules sensibles de l'œil qui reçoit l'abrine, d'où l'*immunité locale*, puis est déversée par la suite dans la circulation, d'où l'*immunité générale* qui entraîne l'immunité de l'autre œil.

(5) Voir E. Renaux, *Bull. de l'Assoc. des Diplômés de Microbiologie à la Faculté de Pharmacie de Nancy*, f. VI, 1934, p. 1.

(6) *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 46, 1931, p. 542.

droit de lapins, et à des intervalles de temps variables, des quantités croissantes d'une solution d'abrine obtenue en faisant macérer, pendant 48 heures dans 200$^{cm^3}$ d'eau, 15^g de racines de Jéquirity broyées. Ces instillations étaient rapidement suivies d'une réaction inflammatoire marquée consistant en une conjonctivite avec exsudat purulent (+++). A un certain moment, l'œil droit ainsi traité ne réagissant plus à une dose donnée d'abrine, nous éprouvions l'œil gauche avec la même dose, afin de nous rendre compte, par là, si l'immunité est exclusivement réservée à l'œil préalablement traité et si, par conséquent, elle est d'ordre strictement local. Les animaux étaient fréquemment saignés et nous recherchions chez le cobaye le contenu du sérum en antitoxine. Voici, avec divers renseignements, les résultats obtenus chez l'un de nos lapins :

Dates.	Œil droit. Dose d'abrine.	Œil droit. Réaction.	Œil gauche. Dose d'abrine.	Œil gauche. Réaction.	Quantité de sérum neutralisant 1/30 cm³ d'abrine.
27 sept....	1 goutte au 1/10^e	+++	–	–	–
2 oct....	2 »	+++	–	–	–
9 »	2 gouttes au 1/5^e	+++	–	–	–
16 »	2 »	+++	–	–	–
22 »	2 gouttes au 1/3	++	–	–	1$^{cm^3}$,5
27 »	1 goutte pure	+	–	–	0$^{cm^3}$,5
28 »	–	–	1 goutte pure	+	–
2 nov....	1 goutte pure	0	id.	0	1/3 cm³

Ainsi au moment où l'œil droit traité par l'abrine ne réagit plus à une nouvelle dose, l'œil gauche ne réagit pas non plus et le sang de l'animal renferme une quantité appréciable d'anti-abrine.

Dans un autre groupe d'expériences, nous avons instillé dans l'œil droit de plusieurs lapins des quantités croissantes de solution d'abrine, l'œil gauche recevant une instillation sur deux. Nous avons constaté que la résistance à l'intoxication apparaît en même temps dans l'œil droit qui a reçu la totalité des doses d'abrine et dans l'œil gauche qui n'en a reçu que la moitié; cette résistance coïncide avec la présence dans le sérum de l'animal d'une proportion notable d'anti-abrine.

II. En instillant dans la fente palpébrale du lapin une goutte de toxine [1]

(1) Morax et Elmassian en 1898 (*Ann. Institut Pasteur*, 12, 1898, p. 210), en pratiquant, avec une toxine diphtérique d'alors, des séries répétées de nombreuses instillations, avaient pu produire une inflammation manifeste des membranes oculaires du lapin, sans réussir toutefois à produire l'immunité.

diphtérique de pouvoir toxique élevé, on peut provoquer une inflammation de la conjonctive analogue à celle due à l'abrine et aussi intense. Nous avons effectué avec cette toxine des expériences exactement calquées sur celles réalisées au moyen de l'abrine et nous avons obtenu des résultats parfaitement identiques : au moment où l'antitoxine diphtérique atteint dans le sérum des lapins un taux appréciable, l'œil soumis aux instillations de toxine ne présente aucune réaction à une nouvelle instillation de toxine; l'œil non traité (ou ayant subi un traitement partiel) ne réagit pas davantage.

III. Enfin, chez les lapins, dont la peau est rasée ou épilée et qui sont soumis à des applications de pommade renfermant de la toxine diphtérique, nous avons pu établir que l'absence d'intoxication locale, constatée à un moment donné au niveau des applications de pommade toxique, coïncide avec l'apparition de l'antitoxine dans le sérum.

L'ensemble de nos expériences, que nous exposerons en détails ailleurs, prouve qu'il n'y a pas à proprement parler d'immunité antitoxique strictement locale; la résistance à l'intoxication, que nous décelons localement, n'est que la conséquence et l'une des manifestations de l'immunité antitoxique *générale* qui, elle, tient à la présence dans l'organisme immunisé de l'antitoxine spécifique : l'immunité antitoxique offre, sans doute, une pluralité de manifestations, mais elle est *une* dans son essence. Ajoutons que, comme nous l'avons montré à de nombreuses occasions ([1]), en particulier à propos de l'addition à l'antigène toxique ou anatoxique de substances non spécifiques (tapioca, chlorure de calcium, lanoline, etc.), les phénomènes locaux, inflammatoires ou autres, que provoquent à la porte d'entrée l'antigène lui-même ou les substances qu'on lui ajoute, peuvent avoir leur influence sur l'immunité antitoxique et son degré, mais non sur sa nature.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la néphrite post-traumatique du Lapin.* Note de MM. **Jean Sabrazès** et **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Nous étudions ici les séquelles, sur cet organe, des écrasements et pincements du rein, sans ouverture des téguments, chez le lapin. La mortalité opératoire est nulle, à la suite d'un unique écrasement rénal, unilatéral.

([1]) G. Ramon. *Recueil de Médecine vétérinaire*, **101**, 1925, p. 227 et 348; *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 157; *Ann. Institut Pasteur*, **40**, 1926, p. 1; *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 985.

Sur 18 lapins, l'étude biochimique du sang, des urines, de la fonction excrétoire a montré que :

Après une période d'azotémie, de chlorémie, qui s'élèvent 7 fois sur 10, avec maximum le septième jour, et une hypocholestérolémie, ces trois valeurs varient dès lors irrégulièrement.

De même pour les urines : volume, densité, urée, chlorures subissent des variations remarquables au début. Une crise éliminatoire se produit, le septième jour, d'autant plus accusée que le traumatisme et l'oligurie ont été plus importants.

L'azote titrable au formol, les sucres réducteurs restent toujours absents; urobilinurie rare.

L'albuminurie, précoce et fugace dans l'urine, ne réapparaît que sous forme acéto-soluble. La mucine augmente.

Après l'hématurie initiale, on ne voit plus de globules rouges dans le dépôt; quelques cylindres mucineux vers le vingtième jour.

Les épreuves à la phénol-sulfone-phtaléine, la concentration maxima, la recherche de l'hyperazotémie (provoquée par l'ingestion quotidienne de 7 à 8^g d'urée dans 30^{cm^3} d'eau) donnent les renseignements suivants :

Phén.-sulf.-phtal. (pour 100).	Conc. max. (gr. d'urée).	Hyperazotémie (pour 1000).		
70 à 80	70 à 72	1 à 2	Animal normal ou avant trauma	
73	65	2,6	10–12e jour après trauma	
70; 63	66	–	1 mois	»
43	–	–	4 mois	»
58; 38	48; 32	3; 4	5–6 mois	»
58	–	–	11 mois	»
32	–	–	15 mois	»

Suivant l'importance du trauma, simples cicatrices, énorme déformation, rein réduit à une masse piriforme, dure, jaunâtre (dans la moitié des cas), quasi pétrifiée. Ces sequestres tendent à s'énucléer vers l'uretère. Les concrétions renferment du carbonate de chaux, pas d'acide urique.

Le volume et le poids du rein traumatisé, toujours diminués, sont, après le 2e mois : de 4^g à 6^g, contre $8^g,5$ à $10^g,5$ pour le rein opposé normal.

Quatre particularités histologiques sont à retenir, après un mois :

1° Sclérose massive des régions cicatricielles enserrant tubes, vaisseaux, glomérules; formations en « pain à cacheter »; capsule du rein sclérosée, épaissie.

2° Coloration brun foncé par l'hématoxyline de nombreux glomérules et tubes et de résidus hématiques, comme dans les tissus qui se calcifient. Des exsudats et des concrétions encombrent la lumière de tubes dont l'épithélium est desquamé.

Il existe une abondante imprégnation calcaire.

3° Présence, surtout dans les zones sclérosées, d'exsudats grumeleux moulés et de cylindres de mucine colorés en rouge par le muci-carmin, non seulement dans les tubes droits excréteurs, mais encore dans les segments intermédiaires et dans la

branche ascendante de l'anse de Henle. Soulignons l'intérêt de ces cylindres mucineux dont la nature a été précisée par nous.

4° Un effort compensateur dans les parties les moins atteintes du rein traumatisé, marqué par la présence de glomérules géants à capillaires dilatés (135 μ au lieu de 100 μ, diamètre normal).

A noter aussi : *a*. Adénomatose en divers points du tube urinifère; nids de cellules épithéliales étreintes dans le collagène, mais continuant à se diviser par mitose et amitose.

b. Dilatation microkystiques de segments de tubes.

Dans le rein opposé, hypertrophie compensatrice des glomérules : état congestif; pycnoses nucléaires nombreuses; parfois dégénérescence granuleuse de l'appareil mitochondrial. Surrénales, rate, foie quasi indemnes au regard des techniques diverses de coloration.

Conclusions. — La néphrite post-traumatique expérimentale est une néphrite chronique se manifestant un à deux mois après le trauma et aboutissant à une sclérose progressive accompagnée d'escharifications et, à leur niveau, de concrétions de carbonate de chaux. Par sa symptomatologie, humorale et urinaire, comme par ses caractères histopathologiques, elle contraste avec les néphrites expérimentales dues à des toxiques.

Nos recherches attirent l'attention sur des phénomènes de dégénérescence mucineuse se produisant dans ces reins scléreux; elle se révèle dans les tubes excréteurs par la formation de cylindres mucineux dans les divers segments des tubes urinaires et dans l'urine, et par la formation de concrétions calcaires qui s'agglomèrent dans la région des calices.

Ces recherches permettent de comprendre ce qui peut advenir, chez l'homme, après les traumatismes du rein.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Les teneurs en chlore et en phosphore total des encéphales des Cobayes normaux, inanitiés, ou atteints de scorbut chronique et de scorbut aigu. Les taux magnésiens des muscles striés.* Note de Mlle **Andrée Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

L'accumulation considérable du calcium que nous avons observée dans l'encéphale des Cobayes atteints de scorbut chronique [1] nous a suggéré l'idée de rechercher si la consommation d'un régime plus ou moins dépourvu de vitamine C modifie aussi les teneurs en chlore et en phosphore

(1) Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2285.

de cet organe. Ces deux éléments, chlore et phosphore ont été déterminés, le premier, par la méthode de Laudat modifiée par Kahane [1], le second, par le procédé de M. Javillier et D. Djelatidès [2] dans les encéphales prélevés chez des Cobayes présentant des symptômes de scorbut chronique et de scorbut aigu, ainsi que chez des témoins soumis soit à des régimes complets, naturel et artificiel [le régime scorbutigène de Mme L. Randoin [3] additionné de 3^{cm^3} de jus de citron décitraté], soit, uniquement, de l'eau distillée.

Résultats. — 1° Les teneurs en chlore des encéphales des Cobayes ayant reçu les régimes complets, naturel et artificiel, varient entre $5^g,758$ et $7^g,728$ pour 1000^g de tissu sec. Chez les inanitiés, la moyenne est égale à $7^g,633$ de chlore pour 1000^g de tissu sec. *Dans les cas graves de scorbut chronique et de scorbut aigu, le chlore s'élève dans l'encéphale, les plus fortes teneurs étant égales à* $10^g,450$ *dans le premier groupe, et à* $10^g,225$ *dans le second.* L'encéphale étant un organe très irrigué par les vaisseaux sanguins, cet enrichissement en chlore ne serait-il pas une des conséquences de l'hypochlorurie et de l'hyperchlorémie qui, comme nous l'avons déjà constaté, au cours de cette avitaminose, provoquent une rétention notable de cet élément dans les muscles?

2° Les encéphales des Cobayes soumis aux régimes complets, naturel et artificiel, ont des teneurs en phosphore total qui oscillent entre $16^g,416$ et $19^g,149$ pour 1000^g de tissu sec. La moyenne chez les inanitiés est de $16^g,567$. *Lorsque les animaux atteints de scorbut chronique survivent pendant des périodes assez longues, les taux phosphorés des encéphales sont normaux. Mais ils s'élèvent au-dessus de* 22^g *pour* 1000^g *de tissu sec chez les Cobayes qui résistent moins longtemps à cette affection, ainsi que chez ceux qui succombent à la forme aiguë de l'avitaminose.*

Afin de compléter les données que nous avons déjà acquises sur les troubles que subit la composition minérale des muscles striés au cours de l'avitaminose C [4], nous avons recherché ce que deviennent, dans les mêmes conditions, les teneurs en magnésium de ce tissu. Les résultats obtenus par la méthode de M. Javillier et D. Djelatidès [5] montrent que *les taux magnésiens ne s'abaissent sensiblement que chez certains Cobayes scorbutiques*

---

(1) E. Kahane, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 1247.
(2) M. Javillier et D. Djelatidès, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 10, 1928, p. 342.
(3) Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 5, 1923, p. 806.
(4) Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1453.
(5) M. Javillier et D. Djelatidès, *Ann. falsif. et fraudes*, 24, 1931, p. 133.

dont les muscles sont très hémorragiques. Ces teneurs varient entre 0g,981 *et* 0g,596 *de magnésium pour* 1000g *de tissu sec*, alors que, chez les normaux et les inanitiés, les moyennes sont respectivement égales à 1g,431, 1g,315 et 1g,259 de magnésium pour 1000g de tissu sec. Notons que c'est également dans les muscles très hémorragiques que nous avons trouvé, dans les cas de scorbut, une forte élévation des taux calciques, et que, d'après les résultats de certains travaux, il existerait une relation physiologique entre ces deux éléments, le magnésium exerçant, dans l'organisme, une action de contrôle sur le métabolisme du calcium.

Teneurs en Cl pour 1000g		Teneurs en P total pour 1000g		Teneurs en Mg pour 1000g	
d'encéphale frais.	d'encéphale sec.	d'encéphale frais.	d'encéphale sec.	de muscles frais.	de muscles secs.
a. — Cobayes soumis au régime naturel.					
g 1,258	g 6,812	g 3,263	g 17,677	g 0,307	g 1,405
1,171	6,437	3,485	19,149	0,311	1,446
1,466	7,728	»	»	0,298	1,443
1,309	7,119	3,413	18,558	»	»
b. — Cobayes soumis au régime artificiel complet.					
1,199	7,079	2,779	16,416	0,297	1,406
1,031	5,758	3,398	18,976	0,253	1,186
»	»	»	»	0,272	1,352
c. — Cobayes soumis à l'inanition hydrique.					
1,526	7,289	3,078	15,835	0,264	1,221
1,559	7,978	3,380	17,300	0,266	1,298
d. — Cobayes atteints de scorbut chronique.					
1,593	**9,287**	**3,600**	**20,986**	0,257	1,362
1,396	7,750	3,382	18,778	0,255	1,299
1,877	**10,148**	3,436	18,574	0,229	1,398
1,571	**10,450**	3,412	**22,691**	**0,194**	**0,981**
1,543	**9,901**	**3,529**	**22,650**	**0,179**	**0,864**
»	»	»	»	**0,097**	**0,596**
e. — Cobayes atteints de scorbut aigu.					
1,862	9,934	»	»	0,173	1,038
1,636	10,076	**3,620**	**22,182**	0,241	1,315
1,460	10,225	3,154	**22,088**	»	»

La séance est levée à 15h50m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1934.

Union géodésique et géophysique internationale. Association de Séismologie. — *Comptes rendus des séances de la cinquième Conférence* réunie à Lisbonne du 14 au 24 septembre 1933, rédigés par E. ROTHÉ. Toulouse, Edouard Privat.

— *Travaux scientifiques*, Série A, fasc. 10. Communications présentées à la Conférence de Lisbonne. Nogent-le-Rotrou, Daupeley-Gouverneur, 1934; 2 vol. 25^{cm}.

Origine thyroïdienne des Algies et leur traitement radical, par ZÉNOPE BEUREKDJIAN. Paris, Librairie Le François, 1935; 1 vol. 25^{cm}.

L'œuvre scientifique de Maurice Nicolle, par J. MAGROU. Paris, Masson et Cie, s. d.; 1 vol. 20^{cm}.

La cémentation des produits métallurgiques et sa généralisation. Tome I : *Cémentation des aciers par le carbone*, par LÉON GUILLET. Paris, Dunod, 1935; 1 vol. $25^{cm},5$.

Observations de l'intensité de la pesanteur avec le nouveau modèle de pendule Holweck-Lejay, publiées par N. E. NÖRLUND avec la collaboration de A. SCHNEIDER. Copenhague, Imprimerie Bianco Luno A/s, 1934; 1 vol. $27^{cm},5$.

Cancer, par A. PEYRON. Extrait de l'*Encyclopédie médico-chirurgicale*. Paris, s. d.; 1 vol. $31^{cm},5$. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Augmentation des protéides hépatiques sous l'influence d'une alimentation mixte renfermant un mélange naturel d'acides aminocarboniques, par CL. GAUTIER. Lons-le-Saunier, Maurice Declume, 1934; 1 fasc. $24^{cm},5$.

Le nez et ses rapports avec le visage, le front, la bouche et le menton, par CHARLES PERRIER. Lyon, Société anonyme de l'Imprimerie A. Rey, 1934; 1 vol. $25^{cm},5$.

La planète Mercure et la rotation des satellites. Étude basée sur les résultats obtenus avec la grande lunette de l'Observatoire de Meudon, par E. M. ANTONIADI. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Deslandres.)

(*A suivre.*)

ERRATA.

—

(Séance du 26 novembre 1934.)

Note de MM. *Albert Demolon* et *Antoine Dunez*, Nouvelles observations sur la fatigue des luzernières :

Page 1258, ligne 4 en remontant, *au lieu de* établie, *lire* étalée.

(Séance du 3 décembre 1934.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur l'abaque de Rateau :

Page 1263, ligne 10 en remontant, *au lieu de* par exemple 150° ($x = 273$), *lire* par exemple 150° ($x = 150 + 273$).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 17 DÉCEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

En ouvrant la séance, M. **Émile Borel** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Notre Académie a été cette année particulièrement éprouvée. Nous avons eu a déplorer le décès de sept de nos membres et de dix de nos correspondants. Je ne pourrai rappeler que trop sommairement leurs travaux et leurs découvertes.

Notre Section de Mécanique a perdu son doyen, Paul Vieille décédé à Paris le 15 janvier 1934. Il avait été élu le 21 novembre 1904 et avait ainsi appartenu à l'Académie pendant près de trente ans. Né à Paris, le 2 septembre 1854, il était entré à l'École Polytechnique et avait consacré toute sa carrière à l'étude des explosifs.

Les problèmes de la balistique intérieure sont parmi les plus difficiles et les plus passionnants de la science, car ils concernent des phénomènes complexes et formidables qui se passent en une faible fraction de seconde; de telles études ont été pendant longtemps entièrement isolées dans la Science et dans l'Industrie; on peut en rapprocher maintenant les recherches d'une importance capitale sur les moteurs à explosion.

Paul Vieille créa des méthodes nouvelles pour mesurer le développement des pressions et en fit de très nombreuses et utiles applications. Sa découverte des poudres colloïdales, dites poudres sans fumée, nous assura, pendant plusieurs années, une supériorité d'armement qui fut sans doute une cause déterminante du maintien de la paix durant cette période. Il s'occupa également du problème particulièrement difficile de la conservation des poudres. Pendant toute la guerre il assura la direction des études

et expériences sur les poudres et explosifs, et la direction générale des établissements classés travaillant pour la défense nationale.

J'espère avoir montré, malgré la brièveté qui m'est imposée, combien sont grands les services que Paul Vieille a rendus à la Science et à la Patrie.

Notre Section d'Astronomie a perdu son doyen d'âge, Benjamin Baillaud. Né à Chalon-sur-Saône le 14 février 1848, il avait plus de 86 ans lorsqu'il est mort le 8 juillet 1934 à Toulouse, où il s'était retiré depuis quelques années.

Il avait dirigé pendant trente ans l'Observatoire de Toulouse avant de devenir en 1908 directeur de l'Observatoire de Paris, en même temps qu'il était élu à l'Académie. Il avait également dirigé pendant quatorze ans, comme Doyen, d'abord nommé par le ministre, puis élu par ses collègues, la Faculté des Sciences de Toulouse. Il a donné à Toulouse comme à Paris la pleine mesure de ses qualités exceptionnelles d'administrateur et d'animateur. Sous sa direction, la Faculté des Sciences de Toulouse, l'Observatoire de Toulouse, l'Observatoire de Paris, ont pris une vie nouvelle et rendu à la Science d'éminents services. Son activité administrative n'a pas empêché Baillaud de poursuivre ses travaux personnels et d'apporter de nombreuses et importantes contributions à l'astronomie d'observation. Chef d'une famille nombreuse, il eut la joie de voir deux de ses fils se consacrer avec succès à l'Astronomie. Il était connu et apprécié des astronomes du monde entier, qui se sont associés à notre deuil.

La Section de Géographie et de Navigation a perdu également son doyen d'âge. Ernest Fournier, né à Toulouse le 23 mai 1842, est décédé à Neuilly le 6 novembre 1934, ayant dépassé 92 ans. Il était devenu le doyen d'âge de l'Académie en 1930, après la mort du général Sebert; peu de temps après, sa santé ne lui permit plus de venir siéger parmi nous.

Entré à l'École Navale en 1859, Fournier avait fait dans la marine nationale une magnifique carrière et rendu de très beaux services qu'il n'est pas possible d'énumérer. Vous m'en voudriez cependant de ne pas mentionner les deux circonstances où il fut mêlé à des négociations diplomatiques délicates et contribua d'une manière décisive à leur succès.

Ce fut en Chine d'abord, lorsqu'il conclut, à Tien-Tsin, un traité avec Li Hung Chang; il était alors capitaine de frégate. Plus tard, devenu vice-amiral, il fut nommé président de la Commission internationale réunie pour

régler le fâcheux incident de Hull, où la flotte russe avait tiré par erreur sur de paisibles pêcheurs anglais. L'arrangement conclu à Paris, grâce à l'amiral Fournier, permit à la France de conserver intactes les amitiés de l'Angleterre et de la Russie. Tout en poursuivant sa carrière de marin, l'amiral Fournier n'avait jamais cessé de s'intéresser aux problèmes scientifiques qui se rattachent à la navigation, et ses élections au Bureau des Longitudes en 1901 et à l'Académie en 1917 récompensèrent à la fois le marin et le savant.

La Section de Physique générale a perdu son doyen d'élection, Paul Villard, qui en faisait partie depuis 1908. Né à Lyon, le 28 septembre 1860, reçu en 1881 à l'École Normale supérieure, il avait été pendant quelques années professeur d'enseignement secondaire et s'était fait mettre en congé pour se consacrer entièrement à la recherche scientifique. Il passa les plus belles années de sa vie dans une petite salle rattachée au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure, et dans laquelle il travaillait sans relâche, se donnant tout entier à la science. Pendant les dernières années de sa vie, il allait passer une partie de l'hiver à Bayonne, où il est mort le 13 janvier 1934.

Par nécessité autant que par goût, il avait pris l'habitude de construire lui-même ses appareils et de préparer ses expériences dans les plus infimes détails. Il avait acquis ainsi une rare compétence dans les agencements techniques, et à côté de ses remarquables découvertes sur les rayons X, il a imaginé de nombreux dispositifs pratiques utilisés en radiographie ou en T. S. F. Ses travaux sur les rayons cathodiques et sur le passage de l'électricité dans les gaz lui valurent une renommée universelle. Il vivait isolé et se livrait peu. Ceux qui avaient le privilège de l'approcher admiraient sa sincérité, sa loyauté, la clarté de son intelligence. Sa disparition est une grande perte pour la Physique française.

La Section de Chimie a perdu Camille Matignon, mort à Paris le 18 mars 1934, qui avait été élu en 1926. Né à Saint-Maurice-aux-Riches-Hommes (Yonne) le 3 janvier 1867, il était entré en 1886 à l'École Normale supérieure et était devenu en 1889 préparateur de Marcelin Berthelot au Collège de France. Il débuta dans l'enseignement supérieur par un court séjour à l'Université de Lille où j'appris à connaître et à admirer l'ardeur qui l'animait pour la science qu'il avait choisie. Il revint bientôt à Paris suppléer Berthelot au Collège de France, et fut ensuite professeur dans

cette même maison où s'écoula ainsi presque toute sa carrière. Ses premiers travaux se rattachent à l'emploi de la bombe calorimétrique dont il fit de très nombreuses applications. Pendant la guerre, il fut amené à s'occuper de la synthèse des composés azotés pour lesquels nous étions tributaires de l'étranger. Après la paix, il s'orienta vers la Chimie industrielle et n'y réussit pas moins brillamment que dans les recherches de science pure. Devenu successivement président de la Société de Chimie industrielle et de la Société chimique de France, il avait une très grande autorité dans tous les milieux s'intéressant à la Chimie pure ou à la Chimie appliquée, en France et à l'étranger. Lorsqu'il mourut, frappé subitement au cours d'une séance de l'assemblée des professeurs du Collège de France, il se préparait à aller représenter la Chimie française à un congrès international. Sa mort prématurée est une perte pour la Science et pour la Patrie.

Henri Lecomte, mort à Paris le 12 juin 1934, appartenait à la Section de Botanique depuis 1917. Né à Saint-Nabord (Vosges), le 8 janvier 1856, il avait eu des débuts très modestes et avait commencé sa carrière comme instituteur primaire. Il put devenir répétiteur de lycée, préparer son agrégation des sciences naturelles, et, après y avoir brillamment réussi, être nommé, jeune encore, professeur dans un lycée de Paris. Il ne considéra cette très rapide réussite que comme un moyen de se consacrer à la Science. Il prépara sa thèse et demanda un congé pour faire des voyages d'études et de recherches dans les pays tropicaux et particulièrement dans les colonies françaises. Il parcourut le Congo, l'Algérie, la Tunisie, l'Égypte, les Antilles, la Guyane, le Japon, Java et l'Indochine, et rapporta de ses voyages des matériaux fort nombreux et fort intéressants pour ses travaux et pour les collections du Muséum où il était devenu professeur. Il s'intéressa également aux applications pratiques de ses recherches botaniques à la production du caoutchouc, de la gutta-percha, des textiles végétaux, du café, de la vanille.

La vie de Henri Lecomte fut ainsi consacrée non seulement à l'enseignement et à la science, mais à la mise en valeur des colonies françaises. Si notre empire colonial peut nous aider à sortir victorieusement de la crise économique que traverse le monde entier, nous devons en être reconnaissants non seulement aux explorateurs, aux soldats, aux administrateurs qui l'ont découvert, conquis et organisé, mais aussi aux savants qui, comme Henri Lecomte, ont contribué à en mettre en valeur les richesses naturelles.

Notre Section de Médecine et de Chirurgie a perdu PIERRE BAZY, mort à Paris, le 22 janvier 1934, qui en faisait partie depuis 1921. Né le 28 mars 1853 à Sainte-Croix (Ariège), il devint docteur en médecine en 1880 et, au cours d'une longue carrière de chirurgien, il ne cessa de faire preuve de cette imagination féconde et de cette persévérance active qui sont les ressorts de la découverte scientifique.

A côté de contributions importantes, dans le détail desquelles je ne puis entrer, sur la chirurgie des voies urinaires, il a dû, en plusieurs circonstances, soutenir des luttes énergiques pour faire prévaloir des idées nouvelles, auxquels on devait plus tard rendre un hommage unanime.

C'est ainsi que, dès 1895, il a soutenu que la pleurotomie était une opération relativement aisée et que l'on devait, dans de nombreux cas, pratiquer sans crainte un pneumothorax chirurgical. Vers la même époque, il se fit l'apôtre de la sérothérapie préventive contre le tétanos, qui devait devenir, pendant la guerre, de pratique courante et sauver des milliers de blessés. Pierre Bazy a soulagé bien des souffrances et conservé de nombreuses existences. Nous ne l'oublierons pas.

Après avoir évoqué les deuils trop nombreux qui ont décimé l'Académie, j'ai l'agréable devoir de saluer les nouveaux confrères qui ont été élus depuis notre dernière séance publique : MM. GASTON JULIA, dans la Section de Géométrie, ALBERT CAQUOT dans la Section de Mécanique, PAUL LANGEVIN dans la Section de Physique, ROBERT LESPIEAU dans la Section de Chimie, ÉMILE SCHRIBAUX et GUSTAVE MOUSSU dans la Section d'Économie rurale, ANTONIN GOSSET et J. L. FAURE dans la Section de Médecine et Chirurgie.

Je voudrais maintenant dire au moins quelques mots des dix correspondants que nous avons perdus. Nos correspondants sont un lien précieux entre la vie scientifique de Paris et celle de la France entière, entre la vie scientifique française et celle de tous les pays civilisés.

FRANÇOIS GONNESSIAT, correspondant pour la Section d'Astronomie, est mort à Alger, le 17 octobre 1934. Il avait dirigé l'Observatoire d'Alger jusqu'en juillet 1931 et était en France l'un des plus éminents représentants de l'astronomie d'observation. Au cours de sa longue carrière, il avait été chargé de mission dans la République de l'Équateur et avait dirigé de 1900 à 1906 l'Observatoire de Quito.

La Section de Géographie et de Navigation a perdu trois correspondants :

WILLIAM MORRIS DAVIS est mort à Pasadena, États-Unis, le 5 février 1934.

Ses méthodes nouvelles pour l'étude du relief terrestre, dont Albert de Lapparent a fait ressortir le puissant intérêt, perpétueront sa mémoire.

Le R. P. Bonaventure Berloty, né à Lyon le 25 mars 1856, entra dans l'ordre des Jésuites et consacra toute son activité à la Science. Il avait créé à Ksara, dans le Liban, l'Observatoire d'astronomie et de géophysique, qu'il dirigea pendant de longues années et où il continua à rendre des services après sa retraite. Il est mort le 10 octobre, ayant jusqu'à son dernier jour, travaillé pour la Science à laquelle il s'était attaché.

M. Adrien de Gerlache de Gomery, dont nous avons appris la mort lundi dernier, était né à Hasselt (Belgique), le 2 août 1866; il était devenu notre correspondant en 1929, à la suite de ses belles explorations des régions polaires. Il est mort à Bruxelles le 4 décembre.

Georges Friedel, correspondant pour la Section de Minéralogie, né à Mulhouse le 19 juillet 1865, mort à Strasbourg le 11 décembre 1933, était le fils de notre regretté confrère l'éminent chimiste Charles Friedel. Il avait dirigé pendant de longues années l'École des mines de Saint-Étienne et l'avait quittée pour retourner dans sa chère Alsace enseigner à l'Université de Strasbourg.

La Section de Botanique a perdu deux de ses correspondants :

Dukinfield Henry Scott, mort à Oakley, Angleterre, le 29 janvier 1934, fut l'un des plus célèbres botanistes anglais et avait acquis une renommée universelle, notamment par ses travaux sur les ptéridospermées.

Robert Chodat, mort à Pinchat, près Genève, le 28 avril 1934, fut professeur à l'Université de Genève et était devenu justement célèbre par ses importantes découvertes dans le domaine des algues.

La Section d'Économie rurale a vu disparaître Charles Porcher, mort à Paris, le 24 décembre 1933. Il fut inspecteur général des écoles vétérinaires et était bien connu de nos agriculteurs par les services éminents qu'il a rendus à l'industrie laitière.

La Section d'Anatomie et Zoologie a perdu Santiago Ramon Cajal, mort à Madrid, le 17 octobre 1934, après une longue existence consacrée à de célèbres travaux de biologie. Il était né en 1852. Un prix Nobel avait récompensé ses magnifiques découvertes sur la cytologie du système nerveux.

Notre Section de Médecine et de Chirurgie a fait une grande perte par la mort de JEAN CANTACUZÈNE, décédé à Bucarest, le 14 janvier 1934. Il avait contracté un refroidissement aux obsèques du Président du Conseil Duca et fut ainsi une victime indirecte de ces trop fréquents attentats politiques qui sévissent en Europe. Jean Cantacuzène avait, comme plusieurs de ses compatriotes roumains, adopté la France comme seconde patrie. Son activité scientifique se rattachait directement à celle de notre Institut Pasteur. Ses travaux sur le choléra, la scarlatine, la tuberculose ont sauvé des milliers d'existences. Sa disparition prématurée est une grande perte pour la Science, pour la France, pour la Roumanie.

Deux autres deuils, au cours de cette année, ont été profondément ressentis par le monde scientifique : la mort de Mme CURIE et celle du baron EDMOND DE ROTHSCHILD.

Mme Pierre Curie n'appartenait pas à l'Académie des Sciences. Pour des motifs à la délicatesse desquels il faut rendre hommage, mais qu'il est permis de juger excessifs, elle avait constamment refusé, à la suite de la délibération de l'Institut sur les candidatures féminines, d'autoriser ses amis, malgré leurs insistances, à poser sa candidature. Son nom reste indissolublement lié à celui de Pierre Curie, et, dans le rayonnement que projette l'œuvre magnifique, commencée en étroite collaboration, continuée par elle seule, leurs deux mémoires resteront rapprochées et fondues dans le même halo de gloire.

Pierre et Marie Curie ont créé cette science de la radioactivité qui prend chaque année une extension nouvelle ; ils lui ont apporté une contribution extraordinaire et exceptionnelle. Ils resteront dans l'histoire et dans la légende comme un exemple type de savants ayant consacré toutes leurs forces vitales à la Science, négligeant les préoccupations matérielles, négligeant même trop souvent le souci élémentaire de leur santé, faisant de la Recherche scientifique un apostolat.

Leurs traditions sont perpétuées dans ce laboratoire du Radium qu'il ne fut pas donné à Pierre Curie de voir construire, que Mme Curie organisa et dirigea avec une maîtrise incomparable. Elles seront continuées, dans la même ligne et avec la même ténacité féconde, par leur fille, Mme Irène Joliot-Curie, et par M. Frédéric Joliot, qui poursuivent avec éclat l'exploration de l'immense domaine ouvert à la science par Pierre et Marie Curie et dont la superbe découverte de la radioactivité temporaire va être récompensée tout à l'heure par l'Académie.

Nous avons également déploré avec émotion la perte qu'a faite la Science en la personne du baron Edmond de Rothschild, notre confrère de l'Académie des Beaux-Arts, dont la générosité éclairée a été si bienfaisante. Notre Académie participe comme les autres classes de l'Institut à cette belle fondation qu'est la Maison de l'Institut de France à Londres. Beaucoup de nos confrères, d'autre part, font partie du Conseil d'Administration de la Fondation Edmond de Rothschild, ce superbe Institut de Biologie physicochimique, qui s'élève tout près de l'Institut du Radium, rue Pierre-Curie. Cette fondation a été dotée, non seulement de vastes laboratoires, magnifiquement installés, avec les perfectionnements les plus modernes, mais d'une somme de 30 millions, dont les revenus permettent d'assurer le fonctionnement de ces laboratoires et de les peupler d'éminents chercheurs. Les résultats obtenus depuis quelques années sont déjà très importants; ils le seront davantage encore lorsque les travaux en cours auront abouti, et le baron Edmond de Rothschild aura contribué très efficacement aux progrès des sciences de la vie.

Il a participé également à une autre fondation dont le budget est moins élevé, mais dont l'importance scientifique n'est pas moins considérable. Les sciences abstraites coûtent moins cher que les sciences expérimentales; leur utilité est moins accessible au grand public; elles sont cependant indispensables aux progrès des applications. En 1926, la fondation Rockefeller, à la suite d'une conversation entre savants américains et savants français, annonçait son intention de faire un don de 100000 dollars pour la construction de l'Institut Henri Poincaré. Elle mettait à cette générosité une condition, c'était qu'une somme de 25000 dollars fût obtenue par une donation française de source privée. Connaissant l'intérêt actif que le baron Edmond de Rothschild portait à la Science, c'est vers lui que se tournèrent ceux qui avaient négocié avec la fondation Rockefeller. Avec un désintéressement et une spontanéité admirables, il accorda immédiatement les 25000 dollars permettant la réalisation de la donation américaine, qui fut complétée, deux ans plus tard, par une somme supplémentaire de 180000 dollars, destinée à la création de divers enseignements.

Grâce à ces fondations, l'enseignement des mathématiques à la Faculté des Sciences de Paris se trouve installé d'une manière convenable, alors qu'il était relégué dans des locaux médiocres au dernier étage de la Sorbonne. De plus, la chaire que notre éminent Confrère Henri Poincaré avait occupée avec tant d'éclat pendant de nombreuses années, chaire de calcul des probabilités et de physique mathématique, a reçu une extension

considérable puisque au lieu d'un seul professeur il y en a quatre, deux pour le calcul des probabilités et deux pour les théories physiques. C'est ainsi que la Faculté des Sciences de Paris a pu s'attacher comme professeur notre Confrère Louis de Broglie, avant que ses découvertes aient été consacrées par le prix Nobel. Enfin une partie des revenus de cette fondation qui associe les noms de Rockefeller et d'Edmond de Rothschild permet de faire venir à Paris des savants étrangers qui exposent à nos élèves les plus récents progrès du calcul des probabilités et des théories physiques.

Je suis certain d'être votre interprète en exprimant les sentiments de reconnaissance que conserveront pour le baron Edmond de Rothschild tous ceux qui s'intéressent à l'avenir de la recherche scientifique.

L'usage veut que votre Président termine son allocution annuelle en vous entretenant d'un sujet de son choix. La plupart de vos Présidents saisissent cette occasion pour parler de la science qui les intéresse particulièrement. Des esprits superficiels pourraient seuls considérer ce fait comme la manifestation d'une tendance orgueilleuse à placer au premier rang le sujet que l'on a soi-même travaillé. En réalité, un tel choix est bien plutôt une manifestation de modestie, je devrais même dire de prudence. Celui qui a consacré une grande partie de sa vie à l'étude d'une science particulière sait combien son ignorance est profonde sur les sciences qu'il n'a pas spécialement étudiées, et il n'aurait garde d'en parler en une réunion comme celle-ci, dans laquelle de nombreux auditeurs savent bien des choses qu'il ne connaît lui-même que très superficiellement.

J'ose donc espérer que vous ne trouverez pas trop indiscret que, me conformant à la tradition, je vous entretienne pendant quelques instants du calcul des probabilités, dont les applications aux sciences les plus diverses ont pris, depuis le début du siècle, une extension si considérable.

Pendant longtemps, l'enseignement du calcul des probabilités fut à peu près complètement absent de tous nos établissements officiels. A la Faculté des Sciences de Paris, jusqu'à la fondation de l'Institut Henri Poincaré, c'était seulement à de très longs intervalles, souvent plus de dix ans, qu'un semestre d'enseignement lui était consacré. Il en est de même au Collège de France où les brillantes leçons de Joseph Bertrand ont été une exception.

Dans l'enseignement secondaire, le calcul des probabilités ne figure pas aux programmes, bien que les principes essentiels en soient aisés à ensei-

gner et autrement utiles que beaucoup d'autres matières maintenues uniquement en raison d'habitudes peu justifiées.

Il serait trop long d'énumérer toutes les branches du savoir humain pour lesquelles le calcul des probabilités s'avère nécessaire ou même indispensable. Pour le faire d'une manière complète, il faudrait d'ailleurs approfondir l'étude de sciences extrêmement diverses.

Les applications du calcul des probabilités à la statistique, à l'économie politique, à ces questions monétaires qui sont d'une si brûlante actualité, deviennent chaque jour plus nombreuses. En des matières aussi délicates où la psychologie des hommes et des foules joue un rôle important, les mathématiques ne peuvent avoir la prétention de fournir des solutions précises et définitives. C'est déjà beaucoup qu'elles parviennent à bien poser les problèmes et à éclaircir certaines difficultés.

Dans les sciences biologiques, et en particulier dans les questions de génétique, les succès des méthodes basées sur le calcul des probabilités sont de plus en plus nombreux. On ne peut pas les ignorer si l'on veut aborder les problèmes les plus délicats de l'hérédité.

C'est surtout dans le développement magnifique de la Physique moderne que la théorie des probabilités a marqué d'une manière inattendue son importance et sa nécessité. Depuis les premiers travaux de Maxwell sur la théorie cinétique des gaz, il est apparu chaque jour davantage aux physiciens que les lois statistiques permettent d'expliquer et de prévoir la plupart des phénomènes. L'évolution des idées en ce sens a été très rapide et n'est pas encore terminée. On entrevoit déjà la possibilité d'une conception du monde physique qui reposerait entièrement sur la probabilité et la statistique.

Faut-il parler également des applications si intéressantes des probabilités à l'Astronomie stellaire et à la Cosmogonie ? Faut-il rappeler enfin les liens étroits que les mathématiciens ont établis entre la notion de probabilité et les recherches les plus subtiles sur la théorie moderne des fonctions et des ensembles ?

Quelle est la raison mystérieuse du rôle que joue le calcul des probabilités dans la pensée scientifique tout entière, de la place prépondérante et pour ainsi dire centrale que prennent les phénomènes concrets ou abstraits soumis aux lois du hasard? Pour essayer de répondre à cette question, analysons brièvement l'un des plus simples de ces phénomènes dont l'étude a été l'origine des premiers travaux de Pascal sur le calcul des probabilités. Je veux parler du coup de dé.

Lorsqu'on lance un dé, on peut essayer de soumettre à l'analyse mathématique l'étude des mouvements de ce dé, d'abord dans le cornet que la main agite, puis dans l'espace, puis en contact avec la table sur laquelle il est jeté. Cette étude ne dépasserait pas les moyens de la mécanique rationnelle, mais exigerait des développements analytiques fort compliqués. Si l'on porte son attention sur le dé en mouvement dans l'espace, sa position et sa vitesse dépendent d'un certain nombre de variables qui peuvent prendre, d'après les théories classiques, une infinité continue de valeurs. A cette infinité continue, les théories modernes substituent un nombre de valeurs extrêmement considérable, mais cependant fini.

Quelles que soient les théories adoptées, lorsque le dé se trouve immobile sur la table, au lieu de l'infinité ou du nombre extrêmement grand de possibilités, il ne reste plus que six hypothèses possibles, puisque le dé n'a que six faces. Le coup de dé a donc, en partant du continu ou du quasi-continu, créé du discontinu. Tel est le caractère essentiel des phénomènes qu'étudie le calcul des probabilités.

Il faut remarquer que certaines hypothèses, que le mathématicien habitué à manier le continu regarderait comme possibles, ne se réalisent jamais. Il n'arrive pas que le dé reste en équilibre sur un de ses sommets ou sur une de ses arêtes au lieu de reposer sur une face. Le dé choisit toujours, et choisit seulement entre les six possibilités qui lui sont accordées par sa forme.

Cette expérience bien simple du coup de dé, où nous avons négligé les mouvements moléculaires cachés pour nous attacher au fait essentiel, montre comment le discontinu peut sortir du continu. Elle donne aussi un exemple d'un phénomène mécanique irréversible; lorsque le dé est sur la table, il n'est pas possible de savoir à partir de laquelle de ses innombrables positions possibles dans le cornet ou dans l'espace, il a été conduit à celle qu'il occupe.

Pendant les deux siècles qui ont suivi la découverte du calcul différentiel et du calcul intégral, les mathématiques ont été essentiellement la science du continu et les mathématiciens se sont efforcés d'introduire les méthodes du continu dans tous les domaines, y compris la théorie des nombres, et sans oublier la Physique mathématique. Nous assistons depuis un demi-siècle à une tentative de libération de la physique de cette emprise du continu. Le calcul des probabilités en est, au point de vue mathématique, l'instrument principal, et des problèmes nouveaux et difficiles se trouvent posés par les physiciens aux mathématiciens.

C'est là une évolution curieuse du calcul des probabilités lui-même qui, dans ses débuts, conformément à l'esprit général des mathématiques au XVIIIe siècle, avait tendu à ramener l'étude du discontinu à celle du continu. Lorsque au lieu d'un seul coup de dé, on étudie des millions ou des milliards de coups de dé, les lois qui les régissent s'expriment par des formules bien connues du calcul intégral. C'est la loi des grands nombres et la loi des écarts.

Le calcul des probabilités apparaît ainsi comme l'instrument mathématique extrêmement souple qui permet, tantôt de passer du continu au discontinu, tantôt au contraire d'introduire le continu dans l'étude de certains phénomènes discontinus. Il renouvelle ainsi les problèmes éternels de la Science et de la Philosophie, problèmes posés il y a plus de vingt siècles par les philosophes grecs, et sur lesquels ont réfléchi tant de savants et de penseurs.

Le calcul des probabilités n'est donc pas seulement un ensemble de méthodes analytiques et de résultats numériques permettant de résoudre un grand nombre de problèmes pratiques, c'est aussi et surtout une philosophie scientifique qui s'oppose, au moins en apparence, à la conception du mécanisme analytique, laquelle explique l'univers par un système d'équations différentielles, dont les solutions sont rigoureusement déterminées, dans le passé et dans l'avenir, par la connaissance rigoureuse des conditions initiales. En fait, dans l'état actuel de la Science, ces deux conceptions ne s'opposent pas d'une manière absolue, mais se complètent mutuellement, au prix parfois de certaines contradictions. Éliminer progressivement ces contradictions, mettre en accord le déterminisme des lois naturelles qui, comme le disait Henri Poincaré, est le postulat indispensable à la pensée scientifique, avec l'imprévisibilité, l'indétermination, le discontinu qu'impose la théorie des probabilités, telle est la tâche de demain.

On peut prévoir que le calcul des probabilités prendra une place de plus en plus grande dans ces recherches; mais il ne pourra être approfondi et perfectionné que par l'étude simultanée de toutes ses applications, c'est-à-dire des sciences les plus diverses. Ainsi, par une voie inattendue, se reconstitue l'unité de la Science que le XIXe siècle avait cherchée dans la mécanique et les équations différentielles et que le XXe siècle trouvera sans doute dans l'étude des lois du hasard. C'est cette unité de la Science qui justifie l'existence d'une Compagnie comme la nôtre, où, s'il est vraiment fort rare et très exceptionnel que l'un de nous puisse connaître et comprendre les travaux si variés de tous ses confrères, du moins chacun

s'efforce de profiter de nos réunions hebdomadaires pour acquérir quelques lueurs sur les sciences les moins éloignées de la sienne. Ainsi se forme une chaîne continue d'esprits, qui relie, par un très petit nombre d'intermédiaires, les disciplines les plus éloignées. Dans cette chaîne aux ramifications complexes, il y a certains points où convergent de nombreuses branches de la Science; le calcul des probabilités est un de ces points centraux; ce n'est point par hasard que des hommes comme Pascal, d'Alembert, Bernoulli, Buffon, Laplace, Gauss, Cournot, Maxwell, Gibbs, Joseph Bertrand, Henri Poincaré lui ont consacré une large place dans leurs méditations. La part importante prise par de nombreux savants français dans le développement récent du calcul des probabilités et de ses applications les plus diverses nous permet d'espérer que notre pays continuera à avoir le rang qu'il a toujours tenu dans l'histoire des progrès d'une science dont je souhaiterais avoir réussi à faire comprendre la place qu'elle occupe dans l'évolution actuelle de la pensée scientifique.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation de nos prix.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1934.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Hamy, Lecornu, Goursat, Ém. Borel, Lebesgue, Cartan, Julia; Hadamard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Fréchet**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Ém. Borel, Lebesgue, Cartan; Julia, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Favard**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses travaux d'analyse mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Goursat, Émile Borel, Drach, Jouguet, Villat, Louis de Broglie; Lecornu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Swyngedauw**, professeur à l'Université de Lille, pour ses études sur les courroies et les paliers à billes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Goursat, Émile Borel, Drach, Jouguet, Villat, Louis de Broglie; Lecornu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Mazet**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux sur le frottement.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Lecornu, Goursat, Émile Borel, Drach, Jouguet, Louis de Broglie; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Leray**, agrégé de mathématiques, docteur ès sciences, chargé de recherches à la Caisse nationale des sciences, pour ses travaux sur la mécanique des fluides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Maurain, de La Baume Pluvinel; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Daniel Barbier**, aide-astronome à l'Observatoire de Marseille, pour ses travaux sur les étoiles doubles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Maurain; A. de la Baume Pluvinel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ferdinand Quénisset**, astronome à l'Observatoire de Juvisy, pour ses observations sur les Comètes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Maurain, de la Baume Pluvinel; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner la médaille à M. **Walter Sydney Adams**, directeur de l'Observatoire de Mount Wilson, pour ses recherches sur les parallaxes stellaires.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier; Tilho, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jules Sion**, professeur à la Faculté des lettres de Montpellier, pour son ouvrage intitulé : *La France méditerranéenne*.

L'ouvrage que présente M. **Jules Sion** au concours de l'Académie est une excellente monographie de géographie humaine consacrée à l'étude de la portion de territoire français qui, de Vintimille au cap Cerbère, forme la bordure de la mer Méditerranée.

L'auteur s'est attaché à mettre en relief les principales causes de l'évolution qui, depuis la fin du XIXe siècle, se manifeste nettement dans cette zone, une des régions naturelles de France dont l'individualité est la plus saisissante.

Ces plaines et collines littorales, dont l'originalité s'affirme autant dans la végétation, les cultures, le climat, la lumière limpide et splendide, que dans le tempérament et les mœurs de leurs habitants, et dont la vie s'oriente aussi bien vers les autres rives de la mer latine et grecque que vers l'intérieur de notre pays, semblent avoir comme mission naturelle d'établir, de maintenir et de resserrer entre la Métropole et ses prolongements nord-africains, cette union intime qui, seule, peut garantir la sécurité et la prospérité de la France d'Europe et des Frances d'outre-mer. Mission parfois malaisée, que l'auteur expose en détail, mettant en lumière les solutions les plus aptes à résoudre les problèmes que posent des intérêts économiques plus ou moins divergents.

Géographe érudit et sagace, déjà connu et apprécié par ses études antérieures sur la Normandie, la Provence, les pays méditerranéens, l'Extrême-Orient, M. **Jules Sion**, qui, depuis sa sortie de l'École Normale supérieure en 1902, n'a cessé de consacrer son activité à la Géographie, et en particulier à la Géographie humaine, mérite, par son nouvel ouvrage *la France*

méditerranéenne d'être honoré d'une récompense par l'Académie des Sciences, et c'est pourquoi notre Commission estime devoir vous proposer de lui attribuer le prix Delalande-Guérineau pour l'année 1934.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier; Tilho, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Pardé**, maître de conférences à la Faculté des lettres de Grenoble, pour son ouvrage intitulé : *Fleuves et rivières*.

Dans ce petit volume, M. **Maurice Pardé** a réussi à présenter, sous une forme accessible à tous, les bases sur lesquelles repose la science de l'hydrologie fluviale. En ces 220 pages, se trouvent condensés les résultats des longues années de recherches, de calculs, d'observations et de méditations de l'auteur, un des meilleurs spécialistes français des multiples problèmes posés par les phénomènes, en apparence si désordonnés, qui donnent à chaque torrent, ruisseau ou rivière sa personnalité, et aux divers types de cours d'eau leurs caractères généraux et particuliers.

Outre sa valeur géographique et scientifique, cet ouvrage présente un intérêt pratique de premier ordre : par la clarté avec laquelle y sont expliqués les mécanismes complexes et les causes tant lointaines qu'immédiates des fluctuations de niveau de tel ou tel type de rivière, il fournit les moyens d'en prévoir les crues extraordinaires et, par suite, de prendre à temps les mesures protectrices permettant de limiter les dégâts et d'apporter rapidement secours aux populations menacées.

M. **Maurice Pardé** qui a créé, en 1930, l'enseignement de l'hydrologie fluviale à l'École des Ingénieurs hydrauliciens de l'Université de Grenoble, et dont les belles études sur l'hydrologie rhodanienne font autorité, mérite, pour l'ensemble de ses travaux, autant que pour l'ouvrage qu'il a présenté au concours de l'Institut, d'être honoré d'une récompense de l'Académie des Sciences et c'est pourquoi notre Commission croit devoir vous proposer de lui attribuer le prix Gay pour l'année 1934.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Tilho; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation Tchihatchef de 1933 et 1934 à M. **Jean Gubler**, docteur ès sciences, pour la publication de ses travaux de paléontologie au Cambodge.

M. **Jean Gubler** a exploré le Cambodge de 1930 à 1933; il en a montré la structure générale, tant au point de vue de la stratigraphie que de la tectonique. Il a pu distinguer le Trias, constitué par des conglomérats, des brèches et des marnes. Il a fait une étude spéciale des calcaires à Fusulinidés du Permien; ils sont représentés par des couches très régulières, ce qui lui a permis de préciser la valeur stratigraphique de ces Foraminifères. Il a recueilli dans ces calcaires une faune très importante, dont il a entrepris la description.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Fichot, Tilho; Bourgeois, Perrier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000^{fr} à M. **Jules Schokalsky**, correspondant de l'Académie des Sciences, président honoraire de la Société russe de Géographie, pour son ouvrage intitulé : *La longueur des cours d'eau principaux de la partie asiatique de l'U. R. S. S., et le procédé pour mesurer la longueur des rivières sur les cartes.*

Un prix de 1000^{fr} à M. **Pierre Tardi**, capitaine d'artillerie, pour son *Traité de Géodésie.*

Rapport de M. R. Bourgeois *sur l'ouvrage de M.* **Jules Schokalsky.**

Ce travail a pour objet un procédé précis de mesure sur les cartes de la longueur des cours d'eau et son application aux fleuves et rivières de Russie, et en particulier de la Sibérie.

L'originalité du procédé se trouve dans la mesure des sinuosités des cours d'eau. M. Schokalsky opère par les *cordes* des sinuosités auxquelles il applique, suivant leur caractère particulier, cinq coefficients différents, pour passer ainsi de la corde à l'arc de la sinuosité. L'expérience appliquée à deux rivières de la Sibérie a montré que le procédé avait une grande précision et pouvait être généralisé.

Partant de là, M. **Schokalsky**, tenant compte en outre de la variation de l'échelle des cartes suivant la latitude, a mesuré au curvimètre, et par ses procédés, la longueur de 287 cours d'eau. La Commission a estimé que ce travail où se trouve un procédé original méritait un prix de l'Académie.

Rapport de M. Georges Perrier *sur le* Traité de Géodésie *de M.* **Pierre Tardi**.

L'ouvrage du Capitaine **Tardi** tiendra une place importante dans la littérature géodésique française.

Les ouvrages que le géodésien français avait à sa disposition jusqu'à présent étaient soit d'anciens traités nullement au courant des progrès de la Science moderne et présentant de ce fait de très graves lacunes, soit des œuvres dans lesquelles la Géodésie, mêlée à l'Astronomie ou à la Topographie, n'avait pas été l'unique préoccupation de l'auteur.

Le Traité du capitaine Tardi est un traité de Géodésie au sens proprement dit de ce terme, comme l'indique sa division naturelle en 5 parties :

1° Généralités sur la Géodésie;
2° Géodésie mathématique. Triangulations;
3° Astronomie géodésique de position;
4° Géodésie dynamique;
5° La Figure de la Terre.

Il évitera au lecteur français désireux de s'initier aux progrès de la Science géodésique depuis l'époque de Puissant et de Francœur de se trouver trop souvent dans l'obligation de recourir à des ouvrages étrangers écrits pour la plupart en allemand ou en anglais.

Dans la première partie, *Généralités sur la Géodésie*, nous trouvons un précieux historique sommaire des opérations géodésiques, qui donne, en une trentaine de pages, des renseignements pour la plupart impossibles à trouver autrement qu'épars dans des monographies spéciales.

Dans la deuxième partie, *Géodésie mathématique. Triangulations*, les

appareils modernes à fils d'invar ont pris à juste titre une place prédominante. Le chapitre relatif au calcul des triangles et des coordonnées géographiques a été traité avec un soin particulier.

Dans la troisième partie, *Astronomie géodésique de position*, la détermination de l'heure et des différences de longitude fait l'objet d'une étude très complète, justifiée par l'importance prise par ces questions depuis une vingtaine d'années.

Mais c'est la quatrième partie, *Géodésie dynamique*, et la cinquième partie, *La Figure de la Terre*, qui sont les plus nouvelles dans l'ouvrage du capitaine Tardi.

Aucun traité n'avait ainsi présenté en un raccourci méthodique, parfaitement clair et suggestif, les théories les plus élevées de la Géodésie supérieure moderne.

Le capitaine Tardi était tout particulièrement qualifié pour écrire ce livre. Il a plus de 13 ans de services géodésiques, il en a passé une bonne partie sous la tente, au Maroc et en Syrie; aucune opération sur le terrain ne lui est étrangère. Il a professé le cours du Service géographique; il est le plus important collaborateur de l'œuvre de la Bibliographie géodésique internationale. Enfin, dans une mission de deux années en Roumanie, il a initié les officiers géodésiens de l'Institut géographique militaire de ce pays aux méthodes françaises.

En raison de tous les travaux du capitaine **Tardi**, et plus particulièrement de son récent Traité de Géodésie, la Commission des prix de Géographie propose de lui attribuer un Prix Binoux.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE LA MARINE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Laubeuf, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Villat, Tilho, L. de Broglie; Émile Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Ottenheimer**, ingénieur en chef de l'Artillerie navale, pour ses travaux sur la balistique et sur les explosions sous-marines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Villat, Tilho, L. de Broglie; Laubeuf et E. Jouguet, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1500fr à M. **René Anxionnaz**, ancien élève de l'École polytechnique, Directeur de la Société Rateau, pour ses travaux sur la suralimentation et le balayage des moteurs à combustion interne;

Un prix de 1500fr à M. **André Chapelon**, ingénieur au Service du matériel de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Orléans, pour ses travaux sur le perfectionnement des locomotives à vapeur;

Un prix de 1000fr à M. **René Retel**, ingénieur civil des mines, ingénieur-conseil, pour ses travaux sur l'injection dans les moteurs Diesel.

Rapport de M. Laubeuf *sur les travaux de M.* **Anxionnaz**.

M. **Anxionnaz** a présenté un mémoire sur la *suralimentation* et le *balayage* des moteurs à combustion interne.

Il a donné une méthode de calcul de la loi de l'écoulement des gaz d'un cylindre de machine alternative dans une atmosphère à pression constante, par un orifice variable. Cette loi est importante pour le réglage du balayage, et pour celui de la suralimentation.

Des moteurs Diesel d'aviation, à 2 temps, peuvent être équipés avec une soufflante centrifuge de balayage, qui avec un changement de vitesse peut en même temps suralimenter le moteur aux hautes altitudes.

Des progrès restent encore à réaliser (rendement, bruit) mais on peut prévoir que le Diesel d'aviation sera bientôt appelé à remplacer les moteurs à essence. Le Diesel, employant du gaz oïl ou Diesel oïl beaucoup moins inflammable, permettra d'éviter le grand nombre d'incendies d'avions et de mort affreuse des aviateurs.

Rapport de M. ÉMILE JOUGUET *sur les travaux de M.* **CHAPELON**.

M. **CHAPELON** a apporté des perfectionnements importants aux locomotives à vapeur compound telles qu'elles sont généralement employées sur les chemins de fer.

A la vérité il n'a introduit aucun principe nouveau. Mais une analyse très suivie de fonctionnement de ces machines lui a montré que, par des modifications rationnelles des caractéristiques et des dimensions habituelles, on pouvait augmenter à la fois leur puissance et leur rendement. Ses réalisations sont caractérisées par l'emploi d'une haute surchauffe (400°), d'une distribution par soupapes, d'un échappement bien étudié pour réduire la contre-pression, de sections de passage partout très larges pour réduire les laminages.

M. Chapelon a fait une première application de ses idées à la transformation des Pacific de la Cie d'Orléans. Il a pu obtenir, avec un relèvement très net de la limite pratique de vitesse, une augmentation de puissance atteignant 50 pour 100 et une diminution de consommation variant de 15 à 25 pour 100 suivant les circonstances. A la suite du succès obtenu, d'autres applications ont été faites à la Cie P.-O.; les Compagnies du Nord et de l'Est ont commandé plusieurs locomotives Pacific du système Chapelon et un réseau anglais a étudié un type d'après les directives de cet ingénieur.

Il y a là un travail, non sans doute de création, mais d'adaptation, dirigé par un sens très aigu de la thermodynamique appliquée, et ayant abouti à des résultats frappants, qui mérite de retenir l'attention de l'Académie. Nous proposons en conséquence de décerner à M. **CHAPELON** une part (1500^fr^) du

prix Plumey pour ses travaux sur l'amélioration des locomotives à vapeur compound en usage sur les chemins de fer.

Rapport de M. LAUBEUF *sur les travaux de M.* **RETEL**.

M. **RETEL** a présenté un mémoire sur l'*injection* dans les moteurs Diesel et spécialement dans les moteurs à vitesse variable. L'injection directe sous pression a aujourd'hui remplacé l'injection par l'air comprimé.

Plus le moteur a une vitesse élevée et plus la *pulvérisation* doit être fine pour augmenter la rapidité de l'inflammation du combustible.

M. Retel étudie successivement : les influences sur la pulvérisation de la *viscosité*, de la *contre-pression*, de la *turbulence*, de la *vitesse du jet*, *des diverses formes de jet :* direct, brisé ou centrifugé.

Il étudie ensuite les irrégularités de combustion amenées par la variation de vitesse et indique les moyens d'y remédier.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : Émile Picard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **EUGÈNE BLOCH**, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Branly, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Théodore Lehmann**, ingénieur électricien, pour l'ensemble de ses travaux en électrotechnique et en particulier pour ses études sur le tracé des lignes de forces magnétiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **François Bedeau**, assistant à la Faculté des Sciences, pour son *Traité de télégraphie sans fil* ainsi que pour ses recherches sur les méthodes de mesure en haute fréquence.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Jean Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Lucas**, chef de travaux à l'École de physique et de chimie, pour ses travaux d'électro-optique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Branly, P. Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la Fondation à M. **Marcel Laporte**, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Nancy, pour la continuation de ses recherches sur les propriétés des ions et sur la luminescence électrique des gaz.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, G. Bertrand, Perrin, Desgrez, Fosse; Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Bruère**, docteur ès sciences et en pharmacie, directeur du Laboratoire de Chimie alimentaire de l'Inspection générale des subsistances de l'Armée aux Invalides, pour ses recherches sur la protection individuelle ou collective contre les gaz et les vapeurs nocives.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Urbain, Gabriel Bertrand, Perrin, Desgrez, Delépine, Fosse; Béhal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Herissey**, professeur de chimie biologique près la Faculté de pharmacie, pharmacien des

hôpitaux, qui a publié, seul ou en collaboration, depuis 1895, plus de 130 Notes ou Mémoires originaux, dont beaucoup ont paru aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*.

Nous ne retiendrons ici que ce qui a trait à la partie chimique de son œuvre, qui consiste surtout en des recherches sur des principes immédiats se rattachant plus particulièrement au groupe des glucides.

Déjà en 1920, sur le Rapport de notre confrère Bourquelot, qui pendant vingt-cinq ans l'avait associé à ses travaux, l'Académie des Sciences l'avait jugé digne d'une partie du prix Jecker; il n'y a donc pas lieu d'énumérer ici, à nouveau, les travaux antérieurs à cette date, qui lui ont alors valu cette distinction.

M. Hérissey, depuis cette époque, a continué à publier d'importantes recherches, qui ont eu pour résultat un notable accroissement de nos connaissances dans le domaine de la composition chimique des végétaux, en même temps que le perfectionnement des méthodes chimiques et biochimiques, utilisables en vue de l'extraction, de la caractérisation et de l'établissement de la composition de nombreux composés naturels ou artificiels.

Parmi ces recherches, postérieures à 1920, nous citerons les publications sur l'hydrolyse et la synthèse biochimique des *d*-mannosides α; l'étude des glucides d'un certain nombre de graines de légumineuses (avec R. Sibassié); les recherches sur la composition chimique de l'Aspérule odorante, qui ont abouti à la découverte d'un hétéroside nouveau; l'*aspéruloside*, dont la présence a été ensuite décelée dans nombre de plantes de la famille des Rubiacées; l'étude des principes glucosidiques du *Baillonia spicata* H. Bn; l'extraction et la détermination complète de la constitution chimique du *géoside*, hétéroside du *Geum urbanum* (avec J. Cheymol), par hydrolyse biochimique, le géoside fournit, d'une part, du vicianose, sucre formé d'une molécule d'arabinose *l* et d'une molécule de glucose *d*, antérieurement signalé par notre confrère G. Bertrand dans le dédoublement de l'hétéroside cyanhydrique du *Vicia angustifolia*, et, d'autre part, comme aglycone, de l'engénol.

Signalons encore des recherches sur la préparation du sinigroside et l'identification à ce dernier de l'hétéroside sulfuré de l'*Alliaria officinalis* (avec R. Boivin); la caractérisation du *vicioside* comme *d*-glucoside β (avec J. Cheymol); des observations sur divers hétérosides noircissants rencontrés chez les végétaux; l'exposé d'une technique simple, applicable à l'extraction de certains hétérosides; la découverte et la détermination de la constitution chimique du *lusitanicoside*, hétéroside du *Cerasus lusitanica*

Lois., que les acides dédoublent en rhamnose, glucose *d* et *p*-allylphénol (chavicol); etc.

Certaines des recherches précédemment énumérées ont nécessité, en même temps qu'une longue patience, une expérimentation sagace et avisée et un labeur que l'on conçoit d'autant plus pénible que sont plus modestes les ressources d'un laboratoire d'enseignement, privé de toute machinerie industrielle.

Si beaucoup de résultats décisifs ont néanmoins été obtenus, il faut indiscutablement en rapporter le succès à la formation scientifique de M. Hérissey, qui l'a rendu capable d'exercer avec fruit son activité de chercheur aux confins des sciences naturelles et des disciplines chimiques. A ce point de vue, il a été amené à faire progresser ces dernières par l'introduction ou l'amélioration de méthodes d'étude qui ne sont pas encore d'un usage très courant dans les laboratoires de chimie pure, mais sans lesquelles, cependant, beaucoup de faits actuellement acquis seraient restés complètement ignorés. Il s'agit là surtout de *méthodes biochimiques* à la diffusion desquelles, après Bourquelot, il a largement contribué, par l'exemple et par l'enseignement, en même temps qu'il perfectionnait les facilités d'emploi de beaucoup d'entre elles. A ce titre, M. **Herissey** a été l'initiateur et l'éducateur de nombreux chercheurs français et étrangers; soit directement, par ses propres travaux, soit indirectement, par les recherches qu'il a suscitées et provoquées, il a indiscutablement accru le patrimoine de la chimie végétale, vaste et fécond domaine pour l'exploitation duquel il a fourni des outils nouveaux, dont ses propres mains ont démontré la profitable utilité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, Béhal, G. Bertrand, Perrin, Desgrez, Delépine, Fosse; Urbain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Augustin Damiens**, professeur à la Faculté de pharmacie, pour l'ensemble de ses travaux.

D'intéressantes recherches de M. **Damiens** sur le passage du tellure de l'état amorphe à l'état cristallisé, et sur la transformation de l'iodure rouge de mercure en iodure jaune, il résulte qu'il n'est pas nécessaire de recourir

à la théorie de l'Allotropie dynamique de M. Smits pour interpréter ces phénomènes.

Les travaux de M. Damiens sur le tellure et ses dérivés halogénés ont apporté sur cette partie de la chimie la netteté nécessaire. Ses recherches sur les carbures métalliques et plus particulièrement sur les carbures des Terres rares du groupe cérique précisent et complètent de la façon la plus heureuse les travaux anciens de Moissan sur le même sujet.

Relativement aux phénomènes de déliquescence et d'efflorescence, M. Damiens a dégagé d'un nombre considérable de mesures, portant sur des corps tant anhydres qu'hydratés, des notions précises relativement à leurs divers degrés hygrométriques.

Durant la guerre, M. Damiens, ayant été chargé d'étudier la toxicologie des dérivés organiques bromés, a été conduit à doser des traces de brome dans les substances biologiques.

La méthode qu'il a proposé présente une sensibilité de l'ordre du six-millionième — ce qui a permis d'étudier la diffusion du brome tant dans le règne animal que dans le règne végétal.

Divers travaux sur la synthèse industrielle de l'alcool, sur les matières réfractaires non siliceuses, et en particulier sur celles qui sont à base de fluorine pure ont montré que M. Damiens ne limite pas son activité à des questions d'intérêt purement théorique.

En commun avec M. Lebeau, M. Damiens a fait des travaux d'une importance capitale sur l'analyse des gaz et sur le fluor et le tétrafluorure de carbone. L'isolement de l'oxyde de fluor F^2O constitue une découverte des plus remarquables.

Enfin M. **Damiens** est l'auteur de divers traités qui ont heureusement comblé certaines lacunes de notre littérature scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Urbain, Gabriel Bertrand, Perrin, Desgrez, Delépine, Fosse; Béhal, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Louis Domange**, licencié ès sciences physiques, qui poursuit actuellement une thèse de doctorat ès sciences au laboratoire de Chimie minérale

à la Faculté de pharmacie, sur le sujet suivant : « Action de la vapeur d'eau sur les fluorures métalliques ».

Il a publié deux Notes aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, l'une : « Action de la chaleur sur la fluorine », l'autre, en collaboration avec M. Damiens : « Sur un four électrique en fluorine ».

M. **Domange** se destine à l'Enseignement supérieur et il a, d'ores et déjà, montré des qualités de chercheur qui l'ont fait agréer à la Caisse nationale des Sciences et qui justifient l'intérêt que l'on peut lui porter.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Perrin, Desgrez, Delépine; Fosse, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Nicloux**, membre associé de l'Académie de Médecine, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses beaux et nombreux travaux d'analyse chimique (plus de 300 Mémoires), consacrés depuis 40 ans à la Physiologie des végétaux et des animaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commision.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Perrin, Desgrez, Delépine, Fosse; H. Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Chaudron**, professeur à la Faculté des Sciences, directeur de l'Institut de Chimie appliquée de Lille, pour ses études sur la réduction des oxydes du fer et sur leurs propriétés magnétiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX JAMES HALL.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux; Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Édouard Roch**, docteur ès sciences, géologue au Service des mines à Rabat, pour ses travaux sur la géologie du Maroc.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE DU GLOBE.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Deslandres, A. Lacroix, Hamy, Lallemand, Bourgeois, Janet; Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix au R. P. **Charles Poisson**, directeur de l'Observatoire de Tananarive, pour ses travaux et publications sur le magnétisme terrestre et la météorologie, en particulier sur les cyclones.

L'académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Molliard, Blaringhem; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Dujarric de la Rivière**, docteur ès sciences, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *Le poison des Amanites mortelles*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Gabriel Bertrand, Molliard, Blaringhem; Dangeard, rapporteur.)

M. **Jules Lebasque**, docteur ès sciences, vétérinaire commandant, a publié un Mémoire d'un grand intérêt scientifique et pratique, intitulé : *Les champignons des teignes du cheval et des bovidés*.

Grâce à une situation privilégiée à cet égard, il a pu se procurer en France et dans nos colonies des espèces sur lesquelles on n'avait jusqu'ici que peu ou point de renseignements.

L'étude de ces espèces a été faite dans le laboratoire du professeur Langeron qui a témoigné de la valeur de ces recherches et de leur importance au point de vue parasitologique.

Aussi, votre Commission propose de décerner le prix Montagne à M. **Jules Lebasque** qui, dans les fonctions qu'il occupe, a trouvé le moyen de servir utilement la science.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Gabriel Bertrand, Molliard; Blaringhem, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Pierre Jouane**, licencié ès lettres, et à M. **Pierre Chouard**, professeur à l'École nationale d'horticulture de Versailles, pour leur mémoire intitulé : *Essai de Géographie botanique sur les forêts de l'Aisne*.

M. **Pierre Jouane** a poursuivi pendant sept années l'étude de la flore de l'Aisne et publia les premiers résultats, travail interrompu par une mort prématurée; M. **Pierre Chouard** utilisa les Notes recueillies, les compléta par de nouvelles observations et des vérifications. Dans leur Mémoire, les auteurs font connaître les populations végétales naturelles du département, celles de la forêt, des marécages, des landes et friches; ils établissent des relations entre ces « associations » et les facteurs dominants du terrain, du milieu; ils donnent des renseignements sur les aptitudes forestières des localités qui peuvent donner lieu à des applications pratiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Gabriel Bertrand, Molliard, Blaringhem; Dangeard, rapporteur.)

M. **Maurice Lenoir**, assistant de botanique à la Faculté des Sciences de Nancy, s'est efforcé, depuis 1923, en utilisant les méthodes de double coloration, d'éclaircir le rôle du nucléole dans la mitose et d'établir ses rapports avec la chromatine et les chromosomes.

Il arrive ainsi à distinguer deux sortes de chromatine, la *réticuline* spécialement localisée dans le noyau quiescent et la *nucléoline* qui constitue les nucléoles.

Les résultats obtenus, en ce qui concerne la répartition de ces deux variétés de chromatine au cours de la division des noyaux chez les plantes

vasculaires, ont été exposés en détail dans un gros Mémoire intitulé : *Évolution des chromatines* et publié en 1926.

Votre Commission, sans vouloir prendre parti dans les questions délicates et complexes soulevées par ce travail, a voulu récompenser l'effort consciencieux et persévérant de M. **Maurice Lenoir**, en proposant à l'Académie de lui attribuer le prix de Coincy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Caullery ; Gravier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Pellegrin**, docteur ès sciences et en médecine, sous-directeur du laboratoire d'ichtyologie du Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux d'ichtyologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Gravier, Caullery ; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Colas-Belcour**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses recherches sur les Arthropodes piqueurs de l'Afrique du Nord (phlébotomes et surtout tiques) qu'il a étudiés en Tunisie alors qu'il était chef de laboratoire de l'Institut Pasteur de Tunis.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery; Marchal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Vayssière**, ingénieur agronome, docteur ès sciences, pour ses travaux sur les Coccidés et sur les Acridiens migrateurs.

Dans son Mémoire, intitulé : « Contribution à l'étude biologique et systématique des *Coccidæ* », publié comme Thèse de Doctorat, M. Paul Vayssière s'est attaché à faire connaître l'un des groupes les moins étudiés parmi les Cochenilles, celui des *Monophlebinæ*. Après avoir pris comme type biologique l'une de nos espèces indigènes, la *Guerinia serratulæ*, il montre les relations particulièrement intéressantes qui existent entre la morphologie de ces insectes, leur répartition sur les végétaux dont ils se nourrissent et leur distribution géographique.

Dans ses recherches sur les Acridiens migrateurs, M. **Vayssière** a eu pour principal objectif de donner une base biologique à l'organisation internationale de la lutte contre les Sauterelles, et il a notamment contribué à préciser l'action que peuvent avoir les facteurs extérieurs tels que chaleur et humidité sur le phénomène des phases et sur la multiplication du Criquet pèlerin et du Criquet migrateur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Ch. Richet, Leclainche; Mesnil, Vincent, Achard, Nicolle, Gosset, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500^{fr} à MM. **Paul Armand-Delille**, médecin de l'Hôpital Hérold, **Charles Lestocquoy**, ancien interne des Hôpitaux de Paris, chef

de clinique médicale infantile, et **René Huguenin**, agrégé de la Faculté de Médecine, médecin adjoint au centre anticancéreux de la banlieue parisienne, pour leur ouvrage intitulé : *La tuberculose pulmonaire et les maladies de l'appareil respiratoire de l'enfant et de l'adolescent;*

Un prix de 2500^{fr} à MM. **Corneille Heymans**, professeur à l'Université de Gand, membre correspondant de l'Académie royale de Médecine, **Jean-Jacques Bouckaert**, chargé de cours à la Faculté de médecine de Gand, et **Paul Regniers**, chargé de cours de pathologie interne à l'Université, chef de service à l'Hôpital civil de Gand, pour leur ouvrage intitulé : *Le sinus carotidien et la zone homologue cardio-aortique. Physiologie, pharmacologie, pathologie-clinique;*

Un prix de 2500^{fr} à M. **Henri Lagrange**, ophtalmologiste des Hôpitaux de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Études ophtalmologiques. La tuberculose de l'iris et du corps ciliaire. Pronostic et diagnostic;*

Une mention honorable de 1500^{fr} est accordée à M. **Félix-Pierre Merklen**, interne, médaille d'or des Hôpitaux de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Le Sinus carotidien. Recherches cliniques et expérimentales;*

Une mention honorable de 1500^{fr} est accordée à M. **André-R. Prévot**, docteur de l'Université, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *Études de systématique bactérienne*. I. — *Lois générales*. II. — *Cocci anaérobies;*

Une mention honorable de 1500^{fr} est accordée à M. **Jean Quénu**, agrégé de la Faculté de médecine, chirurgien des Hôpitaux, pour son mémoire intitulé : *L'iléo-coloplastie;*

— Une citation est accordée à MM. **Hubert Jausion**, ancien professeur agrégé du Val-de-Grâce, vice-président du comité international de la lumière, et **François Pages**, ex-externe des Hôpitaux de Paris, médecin-lieutenant, pour leur ouvrage intitulé : *Les maladies de lumière et leur traitement;*

— Une citation est accordée à M. **Carlos Lepoutre**, professeur à la Faculté libre de Lille, pour son ouvrage intitulé : *Chirurgie des voies urinaires;*

— Une citation est accordée à M. **Jean Quérangal des Essarts**, médecin de la Marine, chef du laboratoire de bactériologie de l'Hôpital maritime de Brest, et Mme **Alix de Carbonnières de Saint Brice**, assistante sociale du service tuberculeux de l'Hôpital maritime de Brest, pour leur mémoire intitulé : *Une œuvre de prophylaxie sociale de la tuberculose par la vaccination au B. C. G. dans le milieu maritime au port de Brest.*

Rapport de M. ACHARD *sur l'ouvrage de MM.* **ARMAND-DELILLE, CH. LESTOQUOY** et **R. HUGUENIN**, *intitulé :* La tuberculose pulmonaire et les maladies de l'appareil respiratoire de l'enfant et de l'adolescent.

Dans ce beau volume, les auteurs ont rassemblé un grand nombre de documents iconographiques montrant les aspects radiologiques et anatomo-pathologiques des lésions tuberculeuses de l'appareil respiratoire dans le jeune âge.

Dans une préface où le regretté Calmette expose l'évolution générale de la tuberculose infantile, il déclare très justement qu'aucun ouvrage aussi monumental n'a jamais été publié sur cette très importante question.

C'est, en effet, un véritable traité de la tuberculose pulmonaire et des affections de l'appareil respiratoire que les auteurs ont écrit, en expliquant les radiographies et les éclairant par la comparaison avec les altérations anatomo-pathologiques et l'ensemble des signes cliniques.

Conçu sur un plan nouveau, et entièrement composé de documents originaux, cet ouvrage fournit aux cliniciens des renseignements très précieux sur les manifestations tuberculeuses de l'enfance.

Rapport de M. VINCENT *sur l'ouvrage de MM.* **CORNEILLE HEYMANS, JEAN-JACQUES BOUCKAERT** et **PAUL REGNIERS**, *intitulé :* Le sinus carotidien et la zone homologue cardio-aortique. Physiologie, pharmacologie, pathologie clinique.

L'ouvrage de MM. Heymans, Bouckaert et Regniers est conçu dans un plan surtout didactique. C'est une monographie très complète, anatomique du sinus carotidien découvert par Hering et physiologique du rôle de ce sinus. Ce rôle physiologique a été étudié par de nombreux auteurs, en particulier par J.-F. Heymans, père de l'un des candidats.

Rapport de M. GOSSET, *sur l'ouvrage de M.* **HENRI LAGRANGE**, *intitulé :* Études ophtalmologiques. La Tuberculose de l'Iris et du corps ciliaire. Pronostic et diagnostic.

Le Dr Henri Lagrange, dans son travail sur la tuberculose de l'iris et du corps ciliaire, après avoir étudié très complètement les formes cliniques

de cette affection, a fait œuvre personnelle dans toute la partie expérimentale. Grâce à des essais de surinfection par voie sanguine, grâce à des inoculations par la chambre antérieure, M. Lagrange a pu reproduire, chez le lapin, des lésions tuberculeuses du tractus uvéal, et aussi élucider certains points du problème pathogénique des tuberculoses locales en général, et cela tout à fait en accord avec les idées de Calmette. Par ce beau traité, bien illustré, M. Lagrange a apporté une contribution scientifique considérable.

Rapport de M. Vincent *sur l'ouvrage de M.* **Pierre-Félix Merklen**, *intitulé :* Le Sinus carotidien. Recherches cliniques et expérimentales.

Travail de premier ordre dans lequel sont vérifiées un grand nombre de données récentes anatomiques et physiologiques sur le rôle capital que joue le sinus carotidien dans la régulation normale de la pression artérielle.

L'auteur ajoute aux notions déjà publiées le résultat de ses études personnelles, sur l'origine sinusale de certaines hypertensions ou hypotensions artérielles, sur le résultat de l'excitation du sinus carotidien, etc.

Rapport de M. Mesnil *sur l'ouvrage de M.* **André-R. Prévot**, *intitulé :* Études de systématique bactérienne. I. Lois générales. II. Cocci anaérobies.

M. **Prévot** a publié un important mémoire de plus de 200 pages intitulé : « Études de systématique bactérienne », divisé en deux parties : l'une « lois générales », qui est une étude critique des nombreuses classifications proposées pour les Schizomycètes et un exposé des principes qui doivent présider à une telle classification; l'autre est une application aux « Cocci anaérobies », que M. **Prévot**, qui est chef du laboratoire des Anaérobies dirigé à l'Institut Pasteur par M. le professeur Weinberg, a eu l'occasion d'étudier plus particulièrement et qu'il incorpore dans le grand groupe des Coccacées avec la nouvelle tribu des Veillonellées.

Ce travail nous paraît réaliser un notable progrès en systématique bactérienne et mériter d'être récompensé par l'Académie.

Rapport de M. Gosset, *sur l'ouvrage de M.* **Jean Quénu**, *intitulé :* L'iléo-coloplastie.

M. **Jean Quénu** base son travail sur une observation personnelle tout à fait intéressante; chez une jeune femme, il a eu l'idée de remplacer un segment de gros intestin qui avait été réséqué, par une anse de l'intestin grêle. Chez l'homme, cette opération n'avait été tentée que cinq fois, et une fois seulement en France. Le mémoire de M. **Jean Quénu** est le premier travail d'ensemble publié sur cette question. Cette opération étudiée avec le plus grand soin par l'auteur sur le cadavre et sur le chien et réalisée chez l'homme, peut, dans certains cas, permettre de supprimer l'anus artificiel.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Ch. Richet, Leclainche, Mesnil, Achard, Nicolle, Gosset; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges-J. Stefanopoulo**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour son important mémoire intitulé : *Contribution à l'étude de la fièvre jaune*.

M. **Stefanopoulo**, chargé de mission en Afrique occidentale, y a fait de nombreuses et fructueuses recherches et en a rapporté des éléments d'études qu'il a poursuivies avec succès sur l'inoculation du virus amaril, les animaux réceptifs, l'histologie pathologique et les modifications de la protéinémie au cours de l'infection, l'atténuation du virus, la production d'anticorps chez le cheval et le cynocéphale et celle d'un sérum antiamaril utilisé pour la vaccination humaine au moyen du virus vivant et de l'antisérum.

L'Académie adopte la proposion de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Ch. Richet, Leclainche, Vincent, Achard, Gosset; Mesnil et Nicolle, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3500fr à MM. **Constant Mathis**, directeur, et **Camille Durieux**, médecin adjoint au directeur de l'Institut Pasteur de Dakar, pour leur mémoire intitulé : *La spirochétose récurrente à tiques de Dakar;*

Un prix de 1500fr à M. **Jacques Bailly**, correspondant de l'Académie vétérinaire de France, chef de service vétérinaire à l'Institut Pasteur de Tanger, pour ses travaux sur la rage.

Rapport de M. Mesnil *sur les travaux de MM.* **C. Mathis** et **C. Durieux**.

L'histoire de la spirochétose dakaroise est des plus intéressantes. Nos connaissances ont débuté par la découverte, due à André Leger, d'un spirochète sanguicole d'abord chez les musaraignes, puis chez les rats d'égout de Dakar. Les caractères de ce spirochète laissaient supposer qu'il pourrait bien s'attaquer aussi à l'homme. La démonstration en a été délicate, car ce spirochète n'est pas toujours décelé au simple examen microscopique. Elle a été faite par M. **Mathis**, d'abord en réussissant à l'inoculer à des paralytiques généraux dans un but de pyrétothérapie; plus tard, des cas humains ont été décelés, de plus en plus nombreux, à Dakar et dans tout le Sénégal. M. Mathis et ses collaborateurs ont pu démontrer, par des expériences d'immunité croisée, que ce spirochète humain est identique d'une part aux spirochètes de la musaraigne et du rat, d'autre part au *Spirochæta duttoni* de la *tick-fever* de l'Afrique centrale. Restait à déterminer l'agent de la transmission. M. **Durieux** a pu démontrer que c'est une tique qui est à incriminer, non pas l'*Ornithodorus moubata* de la tick-fever, mais l'*Orn. erraticus*, espèce présente en Espagne et dans toute l'Afrique du Nord et qui y convoie une spirochétose dite hispano-africaine, différente de la spirochétose dakaroise. L'histoire de celle-ci, avec ses réservoirs de virus, son agent transmetteur, est actuellement bien élucidée; cette mise au point, à laquelle l'Institut Pasteur de l'Afrique Occidentale Française, avec MM. **Mathis** et **Durieux**, a pris la part que je

viens d'esquisser, paraît à votre Commission mériter d'être récompensée par l'Académie avec l'attribution d'un prix Bréant, elle nous propose d'en fixer le montant à 3500fr.

Rapport de M. Nicolle *sur les travaux de M.* **Jacques Bailly**.

Votre Commission des prix de Médecine a retenu le nom de M. Paul Remlinger pour un des prix Dagnan-Bouveret. Mais elle a désiré que son collaborateur de ces dernières années, M. **Jacques Bailly**, soit, lui aussi, lauréat de l'Académie. A côté de résultats d'un intérêt purement scientifique, les deux collaborateurs ont apporté des faits d'un grand intérêt pratique, concernant la vaccination par emploi de cerveaux rabiques (lapin, chien) immergés dans l'éther; elle a été appliquée par eux avec succès à quelques milliers de chiens; elle s'applique également bien, aux herbivores.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Ch. Richet, Leclainche, Mesnil, Vincent, Achard, Nicolle; Gosset, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Gilberte Pallot**, chef de travaux d'histologie à la Faculté de médecine de Lyon, pour son ouvrage intitulé : *Étude histophysiologique des ovaires microkystiques. Recherches anatomo-pathologiques et expérimentales.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Leclainche, Mesnil, Vincent, Achard, Nicolle, Gosset; Ch. Richet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Lassablière**, directeur de laboratoire à l'École pratique des Hautes Etudes, pour son ouvrage intitulé : *Aliments*, *Régimes*, *Indications*, *Contre-indications*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Ch. Richet, Leclainche, Mesnil, Achard, Nicolle, Gosset; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Jean Troisier**, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, et **Yves Boquien**, interne des Hôpitaux de Paris, pour leur livre intitulé : *La spirochétose méningée*. Cet ouvrage contient l'étude clinique, bactériologique et pathogénique de l'infection déterminée par le spirochète d'Inada-Ido, avec un rappel et développement des travaux personnels publiés par M. **J. Troisier** sur cette maladie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Ch. Richet, Leclainche, Mesnil, Vincent, Achard, Nicolle, Gosset.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Ch. Richet, Leclainche, Vincent, Achard, Nicolle, Gosset; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix entre MM. **Auguste-C. Marie**, professeur à l'Institut Pasteur de Paris, et **Paul Remlinger**, associé de l'Académie de Médecine, directeur de l'Institut Pasteur du Maroc, pour l'ensemble de leurs travaux sur la rage.

C'est la première fois que l'Académie a à décerner le prix fondé par notre éminent et regretté confrère de l'Académie des Beaux-Arts, M. Dagnan-Bouveret; ce prix est le plus important de nos prix de Médecine. Votre Commission a jugé que, sans se préoccuper des candidatures posées, elle devait chercher elle-même à récompenser des œuvres médicales, dont les résultats sont consacrés par l'expérience. C'est dans cet esprit qu'elle vous propose d'attribuer le prix, par parts égales, à MM. **Auguste-C. Marie**,

professeur et chef actuel du Service de la rage à l'Institut Pasteur, et à M. **Paul Remlinger**, directeur de l'Institut Pasteur de Tanger. L'un et l'autre ont commencé il y a une trentaine d'années à Constantinople, où ils ont été successivement chargés du service antirabique, à s'intéresser à la question de la Rage et depuis ils n'ont cessé d'y apporter d'importantes contributions dont les plus saillantes, au point de vue de l'application pratique, sont l'utilisation d'un sérum antirabique et des mélanges virus-sérum (**Marie**) et la vaccination des chiens et des herbivores (**Remlinger**). Ils ont ainsi poursuivi l'œuvre de nos illustres confrères Pasteur et Roux. Ces dernières années, M. **Remlinger** a eu pour collaborateur M. Bailly; votre Commission a tenu à reconnaître, d'autre part, les mérites de M. **Bailly**, en vous proposant de lui attribuer, avec le titre de lauréat, une partie des arrérages du prix Bréant.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LOUISE DARRACQ.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Richet, Leclainche, Mesnil, Vincent, Achard, Nicolle, Gosset.)

Le prix n'est pas décerné et les arrérages ne sont pas attribués.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Mangin, Mesnil, Gravier, Molliard, Lapicque ; Ch. Richet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Remy Collin**, professeur d'histologie à la Faculté de médecine de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *L'hypophyse*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Mangin, Richet, Mesnil, Gravier, Molliard; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Portier**, professeur à la Faculté des Sciences de Paris et à l'Institut océanographique, membre de l'Académie de Médecine, pour l'ensemble de son œuvre physiologique.

Cette œuvre abondante et variée, fruit d'une vie consacrée tout entière au travail expérimental, porte à la fois sur la physiologie générale et sur la physiologie comparée. Les résultats dont elle a enrichi la science concernent notamment le pouvoir excitant de la sécrétine, — les vitamines, leur nécessité chez les invertébrés et l'interprétation par cette nécessité de nombreux faits de symbiose — l'absorption intestinale, avec une vue neuve et importante sur le rôle de la bile — l'évolution du milieu intérieur dans la série animale, et les mécanismes du maintien de la constance de ce milieu — de nombreux points de la physiologie des insectes, importance de la circulation dans les ailes, acides aminés dans le sang, absorption des radiations calorifiques mécanique respiratoire et digestion chez les insectes aquatiques.

Il convient de rappeler que M. **Portier** a été le compagnon du Prince de Monaco dans plusieurs expéditions océanographiques et surtout qu'il a été pour son Maître Charles Richet un collaborateur très effectif dans la découverte de l'anaphylaxie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Mangin, Ch. Richet, Mesnil, Gravier, Molliard; Lapicque, rapporteur.)

MM. **Z. M. Bacq**, agrégé de physiologie, et **Lucien Brouha**, professeur à la Faculté de médecine de Liége, ont envoyé une série de travaux relatifs aux hormones. Je citerai notamment ceux qui constituent une contribution importante à la démonstration du mécanisme humoral de l'innervation sympathique. Ce sont des travaux excellents, qui ont tout de suite pesé considérablement pour faire accepter cette notion importante,

passionnément discutée. La Commission propose de leur attribuer le prix Pourat.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Mangin, Richet, Mesnil, Gravier, Molliard, Lapicque; Achard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edmond Benhamou**, professeur agrégé, médecin des hôpitaux d'Alger, pour son ouvrage intitulé : *L'exploration fonctionnelle de la rate. Diagnostic et traitement des syndromes spléniques*.

Le travail de M. Benhamou est une œuvre virginale, dans laquelle l'auteur a su adapter à l'exploration fonctionnelle de la rate chez les malades les données de la physiologie.

On sait que la rate possède une fonction de mise en réserve des éléments figurés du sang. Se fondant sur des examens hématologiques recueillis pendant cinq ans et sur une technique radiologique d'examens en série qu'il a imaginée, M. **Benhamou** a pu préciser la manière d'explorer cette fonction chez l'homme.

La fonction hématopoiétique de la rate peut être explorée par la formule leucocytaire et notamment par la mise en évidence des mononucléaires à grains azurophites, tant dans le sang circulant que dans la pulpe splénique.

Quant à la fonction réticulo-endothéliale, son exploration peut se faire avec précision d'après le taux de la bilirubinémie indirecte d'Hyjmans van den Berg et de diverses épreuves que l'auteur étudie.

L'exploration fonctionnelle de la rate conduit à des données nouvelles en pathologie, en ce qui concerne l'ictère hémolytique, les purpuras, diverses splénomégalies. Enfin elle intéresse directement la pratique en éclairant la question des indications et contre-indications de l'extirpation de la rate et de la ligature de l'artère splénique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Mangin, Ch. Richet, Mesnil, Gravier, Molliard; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Teissier**, chef de travaux de zoologie à la Faculté des Sciences, sous-directeur de la station biologique de Roscoff, pour ses *recherches morphologiques et physiologiques sur la croissance des insectes* et *l'étude de la croissance de quelques variants sexuels chez* Macropodia Rostrata *L.*, études très originales de questions jusqu'ici délaissées et qui apparaissent d'un grand intérêt.

Il a publié de nombreuses mesures et analyses de ce matériel expérimental nouveau par des procédés mathématiques simples qui font ressortir des lois.

M. Teissier a déjà des élèves qui le suivent dans la voie ouverte par lui; on peut dès maintenant le considérer comme chef d'une école.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Lebesgue, Drach; Borel et d'Ocagne, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000fr à M. **Pierre Jéramec**, conseiller du commerce extérieur, sous-chef de bureau à la Direction de la statistique générale de la France, pour l'ensemble de ses travaux de statistique;

Un prix de 1000fr à M. **Louis Potin**, docteur ès sciences, chef des Services de statistique et de surveillance des risques de la Compagnie d'assu-

rances « La Nationale », pour l'ensemble de ses ouvrages et notamment pour ses Tables numériques.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Bouvier, L. de Launay, Ch. Richet, Joubin, Ém. Borel; Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix entre :

M. **Paul Baud**, chargé d'enseignement à la Sorbonne, pour son ouvrage intitulé : *L'industrie chimique en France. Étude historique et géographique;*

M. **Raoul Combes**, professeur à la Sorbonne, pour son ouvrage intitulé : *Histoire de la biologie végétale en France.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix, Villat, Gravier, Janet; Émile Borel et Bouvier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à M. **Jean Rostand**, pour ses travaux de vulgarisation de biologie générale.

Un prix de 2500fr à M. **Pierre Sergescu**, professeur à l'Université de Cluj, pour son ouvrage intitulé : *Les sciences mathématiques.*

Rapport de M. Bouvier *sur les travaux de M.* **Jean Rostand.**

Bien que n'étant pas sur la liste des membres de la Commission de Parville, nous avons demandé, M. Marchal et moi, à être entendus par cette Commission pour y présenter les titres de M. **Jean Rostand.** Ces titres paraissent hors de pair et de nature à mettre cet auteur au premier rang des biologistes qui, passionnés pour les sciences de la nature, font goûter du grand public ces sciences, en leur conservant la vérité et la rigueur qu'on aime dans les laboratoires. M. Rostand s'attache surtout aux phénomènes intimes de la vie cellulaire et le montre dès son premier ouvrage qui a pour titre : *Les chromosomes, artisans de l'hérédité et du sexe.* Puis il développe ces notions et en montre les conséquences dans deux ouvrages successifs : *La formation de l'être*, *De la Mouche à l'Homme*, auxquels fait suite *L'évolution des espèces*, où il met en évidence le rôle de ces conceptions dans l'histoire des idées transformistes. Ce sont là des ouvrages où l'érudition impeccable est constamment vivifiée par l'amour et le goût de la recherche. Au reste M. Jean Rostand compte lui-même parmi les bons chercheurs biologistes et il en a donné la preuve par l'étude singulièrement captivante qu'il vient de consacrer à la Biologie du Crapaud.

La Commission fait sienne les considérations ci-dessus exposées et propose M. **Jean Rostand** pour l'un des prix de Parville dont elle dispose cette année.

Rapport de M. Émile Borel *sur l'ouvrage de M.* **Sergescu.**

L'ouvrage de M. **Sergescu**, *Les sciences mathématiques*, fait partie d'un *Tableau du* XXe *siècle* particulièrement destiné au public français. C'est donc un livre écrit pour le grand public plutôt que pour les spécialistes.

L'auteur a tracé un tableau des progrès des mathématiques en France pendant la période particulièrement féconde qui s'est écoulée depuis 1880, c'est-à-dire pendant un demi-siècle. Il ne manque pas d'ailleurs d'indiquer les relations soit avec les résultats acquis antérieurement à 1880, soit avec les travaux faits à l'étranger pendant la période étudiée, de manière à placer dans leur cadre les recherches dont il expose l'essentiel.

M. **Sergescu** connaît bien le vaste sujet qu'il a abordé et il réussit admirablement à donner un exposé concis tout en conservant un juste sentiment

des valeurs et des proportions. Son petit livre peut être regardé comme un excellent modèle d'un ouvrage d'histoire des sciences pouvant être lu par un large public cultivé.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. E. Borel, P.-A. Dangeard, Ém. Picard, A. Lacroix.)

La médaille est décernée :

— à M. **Paul Bruère**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
— à M. **Maurice Nicloux**, lauréat du prix Paul Marguerite de La Charlonie;
— à M. **Georges Chaudron**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Cartan; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Cotton**, correspondant de l'Académie des Sciences, professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Le Chatelier, Joubin, Caullery; Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'Abbé **Pierre Frémy**, docteur ès sciences, professeur à l'Institut libre de Saint-Lô, pour ses travaux sur les Myxophycées.

Il a publié récemment un mémoire sur les Cyanophycées des côtes d'Europe, avec de nombreuses illustrations.

La Commission estime qu'il y a lieu d'aider et de récompenser ce savant désintéressé auquel tous les laboratoires de botanique ont recours pour leurs déterminations.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil; Gravier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Rochon-Duvigneaud**, ophtalmologiste honoraire des hôpitaux de Paris pour son ouvrage intitulé : *Recherches sur l'œil et la vision chez les Vertébrés*.

M. le Dr **Rochon-Duvigneaud** s'est consacré à l'étude très minutieuse de la rétine chez les Vertébrés, au sujet de laquelle il a écrit quarante Mémoires (de 1916 à 1934) remarquables de précision et de clarté. Il s'est surtout attaché à comprendre la valeur de la vision dans la série des Vertébrés et du rôle qu'elle peut jouer dans la biologie de chacun d'eux, relativement aux autres organes des sens.

Ses recherches analytiques et ses mesures d'une exactitude rigoureuse ont porté sur l'étendue du champ visuel mono- et binoculaire, sur l'acuité visuelle des rétines pourvues ou non de fovea, sur la structure de la fovea des Oiseaux, notamment sur la double fovea des Rapaces, jusqu'à lui négligée, etc. Il a étudié cinématographiquement les mouvements oculaires indépendants du Caméléon, du *Bucorvus abyssinicus* et d'un Goéland.

De l'ensemble de ses travaux, il a pu conclure que si les Vertébrés inférieurs (des Poissons aux Oiseaux) possèdent toujours un champ visuel

commun, d'étendue très variable suivant les espèces, leurs yeux conservent l'indépendance motrice originelle des membres pairs et ne s'associent que d'une façon occasionnelle, par exemple, pour la convergence. Chez les Oiseaux Rapaces, dont les yeux sont fixes dans l'orbite, la position excentrique des fovea latérales permet la vision binoculaire qui paraît nécessaire aux Prédateurs. Mais la conjugaison motrice des yeux n'apparaît que chez les Mammifères. Il y a donc, chez les Vertébrés, deux régimes oculomoteurs, celui de l'indépendance et celui de la conjugaison. Il y a même deux régimes visuels puisque, dans la première catégorie (Vertébrés inférieurs), le chiasma optique est complet et chaque rétine est en relation avec un seul côté du cerveau, tandis que, chez les Mammifères, par l'adjonction du faisceau direct dans le chiasma, les connexions de chaque rétine sont bilatérales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Le Chatelier, Joubin, Caullery, Fosse; Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'Abbé **Henri Colin**, professeur à l'Institut Catholique de Paris, pour l'ensemble de son œuvre de physiologie végétale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Lecornu, Borel, Brillouin, d'Ocagne, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Brillouin**, professeur au Collège de France, pour ses recherches et ses ouvrages sur les Mécaniques statistiques modernes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER.

(Commissaires : MM. Émile Picard, d'Arsonval, A. Lacroix, Lecomte, Breton, Mesnil; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Roger Boutteville**, ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, pour les progrès qu'il a réalisés dans l'organisation de la voirie, de l'éclairage public et de l'hygiène urbaine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Bouvier, Marchal, Dangeard, Joubin, Mesnil, Molliard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Dubertret**, ingénieur civil des mines, chef du Service géologique de Syrie, pour ses travaux géologiques et notamment pour l'établissement d'une carte géologique de la Syrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JULES MAHYER.

(Commissaires : MM. Em. Picard, Deslandres, Lecornu, Goursat, Lebesgue, Fichot; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Humbert**, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux d'analyse mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche, G. Bertrand; Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de partager également le prix entre Mme **Marguerite Lwoff**, assistante à l'Institut Pasteur, pour ses mémoires intitulés : *Recherches sur la nutrition des Trypanosomides*, et M. **André Lwoff**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour son mémoire intitulé : *Signification de l'hémoglobine pour les Flagellés parasites*. Ces travaux constituent un ensemble; ils mettent en évidence le rôle fondamental du fer (contenu dans le sang) pour la nutrition et la respiration des Trypanosomides; ils montrent surtout que le fer doit, pour agir, être combiné à la protoporphyrine dont ces Flagellés sont incapables d'effectuer la synthèse et qui constitue ainsi le support obligé et spécifique du fer actif.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Deslandres, Hamy, Borel, G. Bertrand, J. Perrin; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Duparque**, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Lille, pour l'ensemble de ses travaux sur la structure et les caractères pétrographiques des Houilles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Lecornu, Breton, Séjourné, Drach, Jouguet; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Aubert**, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, pour ses travaux concernant un nouveau système de barrage mobile.

Les barrages à fermettes, imaginés vers 1835 par Poirée pour les rivières navigables, ont été remplacés vers 1865 par les barrages à hausse de Chanoine, améliorés en 1880 par Pasqueau. De la même époque datent les barrages à pont supérieur, d'une bien plus grande facilité de manœuvre, dus à Caméré, le fondateur même de ce prix.

M. Jean Aubert, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a grandement amélioré ce système de barrage par nombre de perfectionnements du dispositif et particulièrement par l'agencement d'un appareil électrique des plus commodes et des plus expéditifs pour la manœuvre.

Le système Aubert a déjà fait ses preuves aux nouveaux barrages de Varennes et de Vives-Eaux sur la Seine. Il a été également adopté pour les barrages du Coudray et de Suresnes sur la Seine, de Tailfer sur la Meuse; et il a permis d'établir, pour le barrage de Sansanding sur le Niger, un projet comportant une économie de 45 millions, sur 170, par rapport au projet primitif conçu d'abord dans le système des vannes Stoney.

Les importants progrès réalisés dans la construction des barrages mobiles par M. **Jean Aubert** le désignent hautement pour recevoir le prix Caméré.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Dorveaux**, docteur en médecine, bibliothécaire en chef honoraire de la Faculté de pharmacie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO.

(Commissaires : MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix, Bouvier, Deslandres, Mesnil, M. de Broglie, Fabry, Lapicque; Bourgeois, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Tilho**, général de brigade, membre de l'Académie des Sciences, à titre de première contribution à l'œuvre qu'il a entreprise en vue de préserver la région du Tchad d'un danger d'assèchement.

La question du danger que présentent pour le lac Tchad les communications hydrographiques qui se sont établies à une époque plus ou moins lointaine entre l'un de ses affluents, le Logone, et un affluent du Niger, la Bénoué, n'est pas nouvelle : notre confrère, le général Tilho, l'a posée ici même, il y a environ huit ans, et son exposé fut alors reproduit et largement commenté par la presse quotidienne et par de nombreuses revues géographiques et scientifiques.

Malheureusement, pour diverses raisons dont la principale fut sans doute la pénurie des crédits disponibles, le Ministère des Colonies n'a pas été en mesure jusqu'à maintenant de constituer la mission scientifique qu'il serait si désirable d'envoyer sur place pour étudier avec précision les conditions dans lesquelles évolue le phénomène de capture en cours, et dont la réalisation aurait des conséquences si redoutables pour nos possessions du centre de l'Afrique.

Mais comme il est bien évident qu'en l'occurrence le temps travaille contre les intérêts du Tchad — qui sont aussi les nôtres — car il n'y a aucune chance que cesse l'implacable et sournois « grignottage » par lequel la Bénoué a déjà enlevé au Logone ses anciens tributaires débouchant dans la dépression du Toubouri, notre confrère a jugé utile de pousser un nouveau cri d'alarme et il a demandé à l'Académie de bien vouloir appuyer ses efforts pour que puisse être entreprise, sans nouveaux retards, l'étude des problèmes posés par l'éventualité de cette capture.

Son exposé, vous l'avez entendu au cours de notre séance du 22 octobre dernier; vous avez également pu le lire dans nos *Comptes rendus* (p. 752-755 et 897-900) : il est suffisamment précis et clair pour que je n'aie aucun besoin de le commenter dans ce rapport. Par l'exemple qu'il nous a cité de la soudaine capture de la Mahajamba par la Betsiboka, survenue à Mada-

gascar, en février 1903, à la suite d'une très forte crue, il nous a montré qu'un tel phénomène, dont la préparation et l'évolution se poursuivent le plus souvent pendant des siècles, peut se réaliser brusquement, sans aucun signe précurseur bien net, à la faveur d'événements à peine extraordinaires, tels que exhaussement ou embouteillage du lit en quelque point sensible, crue de hauteur ou de durée exceptionnelle, etc.

De plus, il a insisté sur les analogies que l'on peut remarquer entre les deux situations : *Mahajamba-Betsiboka*, en 1902, et *Logone-Bénoué*, en 1934, analogies qui donnent à la première la valeur d'un avertissement solennel pour la seconde et dont il serait impardonnable de ne pas tenir compte.

Je me bornerai donc à constater :

1° qu'il est fort probable, pour ne pas dire certain, qu'une grave menace de capture pèse sur le Logone, quoiqu'il ne soit pas encore possible de prédire la date à laquelle elle est susceptible de se réaliser; mais que le fait qu'il existe une communication continue entre la Kabia, affluent récent de la Bénoué, et le Logone, communication qui, durant les quelques semaines du maximum de la crue annuelle, permet aux embarcations de passer d'un cours d'eau dans l'autre *sans rompre charge*, autorise toutes les inquiétudes et commande la plus grande vigilance;

2° que les conséquences de cette capture éventuelle seraient désastreuses pour nos possessions de l'Afrique centrale et cela, sans aucune sorte de compensation : dessèchement de la moitié nord du Tchad et de très nombreux points d'eau du Kanem, du Manga et du Bornou; destruction d'un riche cheptel bovin se chiffrant par dizaines de milliers de têtes; exode de nombreuses populations pastorales et sédentaires et progression du Sahara vers le Sud; par contre, sur le nouveau parcours du fleuve, bouleversement catastrophique des conditions d'existence dans les fertiles vallées du Toubouri et du Mayo-Kebbi, non préparées par la nature à assurer l'écoulement, en huit ou dix semaines, d'un flot torrentiel de quelques dizaines de milliards de mètres cubes d'eau, dont il est facile d'imaginer la puissance dévastatrice;

3° que la France, s'il est prouvé que le danger est certain, a l'obligation impérieuse de prendre à temps les mesures de protection permettant d'y parer : ces territoires sont sous sa tutelle; elle perçoit l'impôt sur les populations qui les habitent et qu'elle administre directement; elle leur doit donc, en retour, de faire tous les efforts possibles pour conserver dans leur état actuel le Tchad et la vallée inférieure du Logone, menacés de dessèchement par cette capture, aussi bien que les vallées du Toubouri et du Mayo-Kebbi, menacées de submersion par ce même phénomène.

De quelle nature seraient ces mesures de protection et de quel ordre de grandeur seraient les dépenses qu'elles nécessiteraient, ce sont deux questions d'une importance capitale auxquelles il n'est malheureusement pas encore possible de répondre, faute de renseignements exacts et précis. En effet, toute notre documentation géographique sur la région intéressée repose sur de simples assemblages de levés d'itinéraire encadrés dans un réseau plus ou moins dense de positions astronomiques; les altitudes relatives y présentent des incertitudes de plusieurs décamètres, étant déduites presque partout de comparaisons barométriques.

Suffisantes en général pour les besoins administratifs ordinaires, de telles cartes sont absolument sans valeur quand il s'agit de traiter des problèmes aussi délicats que rectification de lits de rivières, creusement de canaux, édification de digues ou de barrages, qui vraisemblablement seront à envisager dans le cas qui nous occupe.

Aussi est-il nécessaire avant tout de faire établir d'urgence une carte suffisamment précise et détaillée de la région où se dessine la menace de capture, petit polygone de 3000 à 4000$^{km^2}$, dont les sommets sont approximativement situés au voisinage des villages d'Eré, de Ham, de Domo, de Mbourao et à quelque distance au sud de l'étang de Tikem. Cet indispensable travail préliminaire comportera, cela va sans dire, une triangulation régulière, des levés topographiques exacts et des nivellements de haute précision; il sera complété par de minutieuses déterminations hydrographiques et par des observations géologiques soignées; des séries de photographies d'avion prises respectivement en périodes de pleine crue et de basses eaux et se raccordant aux travaux de topographie et d'hydrographie seront, en outre, d'une haute utilité. En possession de tous ces documents, qui nécessiteront près de dix-huit mois de travail sur le terrain, les techniciens pourront déterminer en toute connaissance de cause la nature et l'ordre d'urgence des mesures de protection à prendre pour assurer le maintien du Logone dans le bassin du Tchad.

Ce sera là la seule manière possible d'être fixé sur cet important problème.

C'est donc l'envoi sur place d'une mission scientifique qui s'impose en tout premier lieu, mission qui devra comprendre des spécialistes d'une compétence éprouvée en géodésie, en topographie, hydrographie, nivellement et géologie; mission dont la constitution ne peut être décidée que par le Ministre des Colonies seul.

Cette décision, votre Commission a estimé hautement désirable qu'elle

soit prise le plus prochainement possible : aussi, et dans la pensée d'attirer l'attention du Ministre, sur l'importance qu'attache l'Académie à cette question de la capture éventuelle du Logone, a-t-elle cru devoir vous proposer d'attribuer le prix Albert Ier de Monaco au général Tilho qui, depuis plus de 30 ans, s'est voué à l'étude du lac Tchad et de son immense bassin, et qui, plus que personne, paraît qualifié pour mener à bien les recherches concernant les relations du Logone et de la Bénoué.

L'adoption de cette proposition par l'Académie des Sciences témoignerait non seulement de son désir de marquer en quelle estime elle tient l'œuvre géographique de notre confrère, mais surtout de sa volonté de faciliter l'exécution du travail préliminaire que constitue l'établissement de la carte de la région où se joue l'avenir du Tchad et des contrées dont la vie est assurée par la puissance de ses nappes d'infiltrations.

Je dois ajouter, en terminant, que les 100000 francs du prix Albert Ier de Monaco ne sauraient en aucune façon couvrir les frais de fonctionnement de la mission qui sera chargée de ce travail, frais que l'on peut, à première vue, estimer à quelque 1200 ou 1500000 francs pour 18 mois de présence sur le terrain. Les budgets du Ministère des Colonies, du Cameroun et de l'Afrique Équatoriale Française ne pourront sans doute pas, de leur côté, assumer la charge d'une pareille dépense.

Le problème ne semble pas pour cela devoir être considéré comme insoluble : il suffirait, en effet, que le Ministre des Colonies juge possible et opportun de faire appel à des spécialistes en service régulier dans les corps d'occupation et les cadres locaux, auxquels serait fourni le matériel supplémentaire reconnu nécessaire. Pour l'achat de ce matériel et pour d'autres dépenses analogues, le prix donné au général Tilho apporterait une aide des plus efficaces : il permettrait à celui-ci d'assurer, dans le cadre du programme arrêté par le Ministre, la liaison scientifique indispensable aux recherches des divers opérateurs et la convergence de leurs efforts vers le même objectif : conserver au lac Tchad, qui en a le plus grand besoin, l'intégralité des apports d'eau annuels du Logone.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Lecornu, Borel, Cartan, Villat; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Frédéric Joliot**, maître de recherches à la Caisse nationale des sciences, et Mme **Irène Joliot-Curie**, chef de travaux à la Faculté des Sciences de Paris, pour leur découverte de la radioactivité temporaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Ém. Borel, P.-A. Dangeard, Ém. Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mme **Gabriel Cusco**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉLÈNE HELBRONNER-FOULD.

(Commissaires : MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix, Blondel, Janet, Breton, d'Ocagne, M. de Broglie, Desgrez, Séjourné, Charcot, A. de Gramont; Helbronner, rapporteur.)

La Commission du prix Hélène Paul Helbronner-Fould a jugé que Mme **Pierre Savorgnan de Brazza** était qualifiée au premier chef pour recevoir cette sanction consacrant notamment l'aide morale que la compagne d'un homme de science et d'action est appelée à se voir

décerner. N'a-t-elle pas été, en effet, la magnifique collaboratrice de cet animateur qui a donné à la Patrie un des plus beaux joyaux de son empire colonial? Elle a participé à ses efforts, à ses peines et à ses succès. Aujourd'hui encore, elle vit dans le culte d'une mémoire, glorieuse entre toutes, à laquelle la France ne fera que rendre un hommage grandissant chaque jour.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Jean Couture**, né à Paris, le 23 juin 1913, sorti premier de l'École Polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1934, avec le n° 1 ou 2, de l'École Polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Jean Couture**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr.

M. **Louis Eyssautier**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr.

M. **Michel Legrand**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr.

M. **Yves Monneret**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Ém. Borel, P.-A. Dangeard, Ém. Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Ém. Borel, P.-A. Dangeard, Ém. Picard, Lallemand, Bouvier ; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 4000^{fr} à M. **Camille Vallaux**, examinateur honoraire d'admission à l'École Navale, pour son œuvre océanographique et notamment son bel et savant ouvrage intitulé : *Géographie générale des mers*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉRÔME PONTI.

(Commissaires : MM. Lallemand, Lecornu, Borel, d'Ocagne, Perrin, Villat ; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 3500^{fr}, à M. **Jean Thibaud**, maître de recherches, directeur adjoint à l'École pratique des Hautes-Études, pour sa méthode de concentration des électrons dans le champ magnétique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Émile Borel, P.-A. Dangeard, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500fr, à M. **Gonzague Dubar**, docteur ès sciences, maître de conférences à l'Université catholique de Lille, pour ses travaux sur la stratigraphie et la paléontologie du Lias, notamment dans les Pyrénées et au Maroc.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Ém. Borel, P.-A. Dangeard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 3000fr à M. **Yves Rocard**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur la Théorie cinétique des gaz et sur l'optique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Ém. Borel, Ém. Picard, Lallemand, Le Chatelier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 35 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 23 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature.

I. *Recherches sur des questions déterminées.*

6000fr à M. **Pierre Viala**, membre de l'Académie des Sciences, pour ses travaux sur le parasite du Court-Noué de la Vigne.

2000fr à M. **André Aron**, professeur de physique au Lycée de Mulhouse, pour ses recherches sur les propriétés magnétiques des lames minces de nickel.

5000fr à M. **James Basset**, directeur d'un laboratoire de recherches scientifiques aux ultra-pressions, pour ses recherches expérimentales aux très hautes pressions, entre 1000 et 25000 atmosphères.

2000fr à M. **Paul-Henri Fleuret**, vétérinaire-commandant, pour l'étude de la cétogénèse et de l'oxalurie.

3000fr à M. **Edmond Guillermet**, chargé de cours à la Faculté catholique des Sciences de Lyon, pour ses études sur l'électrolyse dans les solvants autres que l'eau.

4000fr à Mme **Louise Nouvel**, docteur ès sciences naturelles (Bruxelles), pour frais de séjour dans un laboratoire maritime, en vue de l'achèvement de ses recherches sur la croissance et les caractères sexuels secondaires des Crustacés du groupe des Natantia.

4000fr à M. **Marcel Petit**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour ses recherches sur les molaires des Équidés.

3000fr à M. **Maurice Pierre**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour ses recherches sur le rôle des différents facteurs mécaniques et physiques qui conditionnent la déglutition, le vomissement et la rumination.

9000fr à M. **Henri Simonnet**, professeur à l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses recherches de toxicologie végétale.

3000fr à M. **André Wahl**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour la continuation de ses travaux relatifs à la chimie tinctoriale.

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer et les pays sous mandat français.

12000fr à M. **Roger Heim**, sous-directeur du laboratoire de cryptogamie au Muséum national d'histoire naturelle, comme contribution aux dépenses d'un voyage à Madagascar, en vue de l'étude de la flore cryptogamique et de diverses maladies d'arbres forestiers et de plantes cultivées, telles que le manioc.

7000fr au R. P. **Antoine Poidebard**, pour ses études géographiques par photographie aérienne dans le désert de Syrie.

II. *Achat de matériel de laboratoire.*

10000^{fr} à M. **René Dubrisay**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'acquisition d'un spectrographe Jobin et Yvon.

III. *Publications.*

5000^{fr} aux **Annales des sciences naturelles**, pour la publication de volumes spéciaux commémoratifs du Centenaire de cette publication (Zoologie et Botanique).

6000^{fr} à M. **Camille Arambourg**, professeur à l'Institut national agronomique, pour la publication des résultats scientifiques de sa Mission de l'Omo.

10000^{fr} au **Comité de physique du globe des colonies**, pour l'aider à la publication de ses Annales.

5000^{fr} à la **Fédération française des sociétés de sciences naturelles**, pour la publication dans la *Faune de France* de Mémoires de M. **Seguy**, sur les Acalyptères, et de M. **Brolemann**, sur les Diplopodes.

IV. *Subventions à des bibliothèques.*

5000^{fr} à l'**Académie d'agriculture de France**, pour l'aider à la confection du catalogue de sa bibliothèque.

5000^{fr} à la **Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg**, pour l'achèvement de l'impression de l'inventaire de ses périodiques.

5000^{fr} à l'**École nationale vétérinaire de Lyon**.

4000^{fr} à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**.

5000^{fr} à l'**École Polytechnique**.

5000^{fr} à l'**Institut national agronomique**.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 125000^{fr}. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées.*

M. Pierre Viala	6000^{fr}	41000
M. André Aron	2000	
M. James Basset	5000	
M. Paul-Henri Fleuret	2000	
M. Edmond Guillermet	3000	
Mme Louise Nouvel	4000	
M. Marcel Petit	4000	
M. Maurice Pierre	3000	
M. Henri Simonnet	9000	
M. André Wahl	3000	

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer et dans les pays sous mandat français.

M. Roger Heim	12000	19000
R. P. Antoine Poidebard	7000	

2° *Achat de matériel de laboratoire.*

M. René Dubrisay	10000	10000

3° *Publications.*

Annales des sciences naturelles	5000	26000
M. Camille Arambourg	6000	
Comité de physique du globe des colonies	10000	
Fédération française des sociétés de sciences naturelles	5000	

4° *Subventions à des bibliothèques.*

Académie d'agriculture de France	5000	29000
Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg	5000	
École nationale vétérinaire de Lyon	5000	
École nationale vétérinaire de Toulouse	4000	
École Polytechnique	5000	
Institut national agronomique	5000	

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. Ém. Borel, P.-A. Dangeard, Ém. Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose les attributions suivantes :

Un prix de 3000fr à M. **Raymond Poisson**, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes, pour ses travaux sur les *Hémiptères hydrocorises* et ses études de protistologie.

Un prix de 3000fr à MM. **Paul-E. Thomas** et **Paul de Graëve**, ingénieurs chimistes, pour leurs travaux de chimie biologique et particulièrement sur ceux consacrés à l'allantoïne, l'allantoïnase et l'acide urique chez les végétaux.

Un prix de 3000fr à Mme **Édouard Salles**, née **Germaine Homery**, pour ses études sur le magnétisme terrestre et plus particulièrement pour celles concernant le magnétisme terrestre dans l'ensemble des Colonies françaises et pour son Planisphère de la déclinaison magnétique sur l'ensemble du Globe publié chaque année par le Service hydrographique de la Marine.

Un prix de 2500fr à M. **Édouard Lamy**, sous-directeur honoraire de laboratoire au Muséum national d'histoire nationale, pour l'ensemble de son œuvre malacologique s'étendant non seulement à la systématique, mais à la biologie, à l'étude du mimétisme, à la ponte des Mollusques et particulièrement des Lamellibranches.

Un prix de 2500fr à M. **Michel Volkonsky**, assistant à l'Institut Pasteur, pour ses travaux de cytophysiologie et de physiologie végétale.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Charpy, Lumière, Laubeuf, Claude, Guillet, Rey; Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose d'employer une somme de 10000fr, prélevée sur les arrérages de la fondation, pour subventionner des études sur la dévitrification des verres.

Ces recherches tendront à préciser les relations entre le point de ramollissement du verre et les conditions optima de sa cristallisation, en présence

ou en l'absence de germes cristallins, semblables ou non au corps étudié. Les expériences porteront d'abord sur un composé défini, le borate de zinc, qui présente le grand intérêt de pouvoir être obtenu facilement à l'état parfaitement vitreux ou complètement cristallisé; elles continueront avec le borate tribasique de plomb, qui présente les mêmes propriétés, puis elles seront étendues à des mélanges de borates vitreux et finalement à la dévitrification de l'anhydride borique, problème étudié bien des fois déjà, mais sans aucun succès.

Les recherches seront confiées à M. **René Paris**, ingénieur diplômé de l'École supérieure de chimie de Mulhouse, docteur ès sciences physiques (Paris 1934) et enfin auteur de travaux intéressants sur les alliages du calcium et sur différents complexes minéraux.

Elles seront poursuivies au laboratoire de chimie physique de l'École supérieure de chimie de Mulhouse (Haut-Rhin), sous la direction de M. Mondain-Monval, directeur de ce laboratoire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION FRÉMONT.

(Commissaires : MM. Ém. Borel, P.-A. Dangeard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500^{fr} à M. **Pierre Vernotte**, ingénieur de l'Aéronautique, pour ses études sur la propagation de la chaleur, soit par conductibilité, soit par convection.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. Richet, Joubin, Mesnil, Vincent, Caullery, Gosset; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à l'**Institut Marey**, pour la continuation de recherches répondant à l'objet de sa fondation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

LECTURE.

M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice historique sur les membres et correspondants de l'Académie des Sciences, ayant travaillé dans les Colonies françaises des Mascareignes et de Madagascar au* XVIII[e] *siècle et au début du* XIX[e].

A. Lx et É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1934.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PHYSIQUE DU GLOBE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1934 (*suite et fin*).

Diptères (Brachycères) Muscidæ Alcalypteræ et Scatophagidæ, par E. Seguy. In *Faune de France*, tome 28. Paris, Paul Le Chevalier et fils, 1934; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par L. Bouvier.)

Étude sur les tempêtes de la saison 1933-1934 à Madagascar, par le R. P. Charles Poisson. Tananarive, G. Pitot et Cie, 1934; 1 fasc. 28cm.

Catalogue de 9997 étoiles comprises entre —17°50′ et —23°0′ de déclinaison 1855 pour l'équinoxe de 1900, tiré des observations faites de 1888 à 1897, Trépied étant directeur, par C. Rambaud et F. Sy sous la direction de M. F. Gonnessiat. In *Publications de l'Observatoire d'Alger*, vol. VIII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 33cm.

Contribution à l'étude de la faune préhistorique de l'Égypte, par Claude Gaillard. Extrait des *Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, tome XIV. Lyon, Société anonyme de l'Imprimerie A. Rey, 1934; 1 vol. 37cm.

Action de la foudre sur l'homme et les animaux (1re partie), par E. Mathias. Extrait du *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du globe du Puy-de-Dôme*, 2e supplément au no 6, 1934. Clermont-Ferrand, Imprimerie générale; 1 fasc. 24cm, 5.

L'industrie des très basses températures et des gaz rares, par E. Mathias. Paris, Office central de l'Institut international du froid; 1 fasc. 24cm.

Œuvres de Henri Poincaré publiées sous les auspices de l'Académie des sciences par la Section de géométrie. Tome III publié avec la collaboration de Jules Drach. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 28cm.

La méthode du repère mobile. La théorie des groupes continus et les espaces généralisés, par Elie Cartan. Paris, Hermann et Cie, 1935; 1 vol. 25cm,5.

Université de Paris. Observatoire de Nice. *Petites planètes. Tables de coordonnées héliocentriques et données concernant les oppositions*, par G. Fayot. Tome II. Paris, Les Presses universitaires de France, 1933; 1 vol. 33cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 26 DÉCEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 18 décembre 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Robert Lespieau** pour occuper dans la Section de Chimie la place vacante par le décès de M. *C. Matignon*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Robert Lespieau** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Willem de Sitter**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu le 19 novembre 1934.

Notice sur les travaux de M. de Gerlache, par M. **Jean Charcot**.

La carrière du baron Adrien de Gerlache de Gomery, Correspondant de l'Académie, ancien officier de la Marine belge, a été celle d'un savant, navigateur et explorateur. Cet admirable marin, modeste et désintéressé, a consacré sa vie à l'étude de la mer. Il mérite le nom de pionnier de l'Antarctique, car il fut le premier à tenter l'inconnu d'un hivernage dans cette région polaire. Toutes les expéditions qui depuis ont participé au siège du Pôle Sud ne sont que la suite de celle qu'il conçut puis effectua, avec les

moyens les plus précaires, sur son navire la *Belgica* en 1897-1899. Après trois années de minutieuse préparation et notamment des voyages d'études vers Jan Mayen et la mer du Groenland, A. de Gerlache conduisit l'Expédition antarctique belge dans le secteur sud-américain. Un détroit, qui à juste titre porte son nom, fut découvert et exploré; se lançant avec un courage téméraire dans la banquise, il affronta ses terreurs et surmonta les dangers et les difficultés qui l'accueillirent. L'hiver antarctique avait été violé. Les publications magnifiques de cette expédition mémorable qu'il contribua à mettre en valeur furent une révélation; elles resteront comme un monument scientifique de tout premier ordre.

En 1901, sur le yacht belge *Selika*, accompagné des naturalistes français Jules Bonnier et Charles Perez, il se rendit au Golfe Persique et permit à ses collaborateurs de rapporter d'abondantes collections zoologiques. En 1905, de Gerlache commanda de nouveau la *Belgica* achetée et armée par Mgr le duc d'Orléans pour ses expéditions arctiques; nos compatriotes le Dr Récamier et le peintre Mérite en faisaient partie. Pour la première fois un navire traversa la banquise, du Spitzberg à la côte orientale du Groenland, qui fut atteinte à 100 milles plus haut qu'on ne l'avait fait auparavant; un banc sous-marin et des terres nouvelles, qui portent désormais des noms français, furent ainsi découverts. La *Belgica* longea ensuite la côte Est toujours dans les glaces. Les travaux scientifiques pendant cette longue randonnée furent poursuivis sans interruption; observations ainsi que collections recueillies sont d'une richesse considérable dont nos laboratoires et notre Muséum ont surtout profité.

En 1907 puis en 1909 toujours dans les mêmes conditions et avec d'aussi beaux résultats, la *Belgica* travailla dans les mers de Barentz et de Kara, puis de nouveau dans la banquise du Groenland.

A. de Gerlache n'a jamais ménagé ses conseils et son activité aux explorateurs polaires; les Expéditions antarctiques françaises de 1903-1905 et de 1908-1910, qui se sont efforcées de continuer son œuvre, en ont largement profité ainsi que l'Expédition de 1914 de Sir Ernest Shackleton.

Le navigateur-explorateur belge fit son devoir pendant la guerre; il consacra ses dernières années à la mise en valeur de ses travaux et à l'organisation de la Marine marchande de son pays. Il ne resta jamais dans l'inactivité. Tant en Belgique qu'à l'étranger, de Gerlache ne quémanda ni honneurs, ni récompenses, mais, bien que parfois un peu tardivement, ils lui furent justement prodigués et l'énumération de ses fonctions et distinc-

tions prouve avec quelle haute et méritée estime son nom fut honoré de son vivant comme sa mémoire le sera désormais.

Grand ami de la France, qu'il considérait et servait comme sa seconde patrie, le baron Adrien de Gerlache était officier de la Légion d'honneur, grande médaille d'or de notre Société de Géographie : en 1929, il fut élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Géographie et Navigation.

LITHOLOGIE. — *Sur la découverte de tectites à la Côte d'Ivoire.* Note de M. **A. Lacroix.**

Sir Edgeworth David, H. S. Summers et G. A. Ampt ont fait remarquer (1), en 1927, que les régions alors connues comme renfermant des gisements de *tectites* sont alignées sur un grand cercle terrestre, orienté Nord 40° Ouest, ou distribuées à 10° environ de part et d'autre de celui-ci. Ils en ont conclu que, dans l'hypothèse d'une origine cosmique, les tectites ont dû être semées par un météore faisant le tour de la Terre suivant une trajectoire correspondant à ce grand cercle.

Je me suis servi de cette suggestion comme hypothèse de travail dans mes Mémoires sur les tectites de l'Indochine. Les gisements que j'ai signalés, à partir de 1928, et qui se sont rapidement multipliés depuis lors au Cambodge, au Laos, en Annam, au Tonkin, puis au Siam, dans le Kouang-Tchéou-Wan et dans les îles voisines (Tan Hai, Hai Nan) et plus récemment aux Philippines, rentrent dans ce schéma, mais élargissent vers le Nord-Est la zone de distribution.

J'ai fait toutefois remarquer (2) que pour intéressante que soit cette suggestion, afin de lui donner l'importance d'une démonstration, il faudrait prouver qu'il y a eu synchronisme dans la chute de toutes les tectites; or si elles se trouvent toutes dans des conditions géologiques comparables, l'âge absolu des alluvions qui les renferment n'a pu être déterminé. Il n'est pas certain qu'elles soient toutes du même âge, que toutes résultent d'un seul et même phénomène.

---

(1) *Proceed. Royal Soc. Victoria* (N. S.), 39, Part II, 1927, p. 167.

(2) *Les tectites de l'Indochine* (*Arch. Muséum Hist. nat.*, 6e série, 8, 1932, p. 228).

La solution de ce problème d'événements *cosmiques* se résume donc dans une question de stratigraphie *terrestre*.

Une semblable démonstration n'a pu être faite jusqu'ici en Indochine, les alluvions qui renferment les tectites étant dépourvues de fossiles, mais elle vient d'être effectuée par M. Robert Janoschek (1) pour les couches à moldavites de Moravie. Il a montré que, conformément à une idée ancienne de M. Franz E. Suess, elles représentent les restes, épargnés par l'érosion, d'une couverture autrefois très étendue de sédiments clastiques à *Oconphora socialis*, d'âge *helvétien;* les moldavites les caractérisent à la façon de fossiles. Il faut donc en conclure que la chute des moldavites a été séparée par un laps de temps considérable de celle des tectites indochinoises, indomalaises et australiennes, qui sont plus récentes, probablement d'âge *quaternaire*.

Les observations qui font l'objet de la présente Note apportent sur cette question des notions nouvelles d'un autre ordre.

Il s'agit, en effet, de gisements nouveaux de tectites qui ne rentrent pas dans le schéma géographique précité. Ils se trouvent, en effet, en Afrique Occidentale. Au début de cette année, M. F. Blanchet m'a rapporté plusieurs échantillons recueillis par lui dans le cercle de la *Côte d'Ivoire* qu'il commandait.

Ils proviennent du village Akakoumoekrou, situé au bord de la Comoé, sur la route reliant Dimbrokro à Boudoukou (subdivision de Ouellé, cercle de N'Zicomoé).

M. le gouverneur Reste, ayant bien voulu s'intéresser à la question, a ordonné des recherches dans cette région et vient de m'envoyer une série d'échantillons provenant, non plus du nord-est d'Ouellé comme les précédents, mais des alentours de ce poste (Bayassou, Kodi) ou plus au sud (Amoroki, Kongoti, à 20^{km}; Anoumbo, à 26^{km}; Daoukro, à 30^{km}; Gagou, à 31^{km}), et au sud-ouest (Dékikro, 26^{km}; Agni-Assikasso, à 30^{km}).

Tous ces gisements sont situés dans un rayon d'une quarantaine de kilomètres autour de Ouellé, dans une région de schistes cristallins et de granites; les tectites y sont très clairsemées dans des alluvions quartzeuses, à une profondeur n'excédant pas 1^m. Ces alluvions sont aurifères et exploitées comme telles par des indigènes.

---

(1) *Akad. Wissensch. Wien, Mathem.-Naturw. Klasse* (*Akad. Anzeiger*, n° 17, 28 juin 1934).

Tous les échantillons que j'ai examinés, et dont le plus gros pèse 79 grammes, sont sphériques, ovoïdes ou plus ou moins aplatis. Leur surface est, comme celle des tectites d'Indochine, creusée de cupules de corrosion hémisphériques portant dès qu'elles sont un peu grosses, des cupules de même forme, mais plus petites.

Le plus volumineux des échantillons étudiés présente une particularité qui n'était connue jusqu'ici que dans les billitonites de Billiton. Il s'agit d'une large cupule *en nombril*. La rainure est couverte de petites cupules hémisphériques et le piton central de figures de corrosion allongées parallèlement à sa génératrice.

Le verre constituant ces tectites est noir et exceptionnellement assez transparent sous une faible épaisseur avec une teinte brunâtre. Dépourvu de tout cristallite, il contient fréquemment de petites bulles gazeuses parfaitement sphériques. Un échantillon pesant une dizaine de grammes et moins dense que la moyenne des autres échantillons a été brisé d'un coup de marteau, avec production d'une sorte de petite explosion. Il possédait une bulle centrale unique de 1^{cm} de diamètre. C'est, en petit, la reproduction du phénomène signalé jadis par Damour sur une grosse sphère de tectite de Malaisie.

Je donne ci-dessous les analyses préliminaires de trois échantillons de ces nouvelles tectites. Elles ont été faites par M. Raoult.

1. Akakoumoekrou.............. II.3.3.3
2. Près d'Ouellé................ II.3.2.(3)4
3. Akakoumoekrou.............. II.3.3.4

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MnO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	TiO^2.	H^2O (+).	H^2O (—).	Total.
1...	68,00	16,46	–	6,08	0,09	3,38	2,00	1,45	1,84	0,80	0,13	0,14	100,37
2...	68,60	15,80	0,18	6,46	0,06	2,88	1,40	2,35	1,92	0,80	–	–	100,45
3...	76,56	11,54	0,17	3,99	0,08	3,60	1,62	1,32	0,82	0,60	0,22	0,07	100,59

SiO^2 libre.	Al^2O^3.	An %.	O^2/Pl.	Σ_b.	Densité.	n (Na).
38,94	8,57	45	0,48	19,95	2,517	1,5178
35,58	7,34	25	0,39	19,51	2,487	1,5146
54,00	5,51	42	0,2	16,79	2,4	1,4991

Les caractéristiques chimicominéralogiques générales sont celles des tectites des régions antérieurement connues, mais avec des particularités spéciales. Dans les analyses 1 et 2, la teneur en silice totale est un peu faible, alors qu'elle est exceptionnellement élevée dans 3, par rapport aux tectites indochinoises.

La teneur en alumine totale de 1 et 2 est plus élevée que celle qui est habituelle et la quantité d'alumine libre virtuelle est aussi plus grande. Il en est de même pour la proportion de fer et de magnésie. A l'inverse de ce qui a lieu d'ordinaire, la magnésie est plus abondante que la chaux. Enfin et surtout si dans l'analyse 1 la teneur en potasse est supérieure à celle en soude, comme dans toutes les tectites étudiées jusqu'ici, l'inverse a lieu pour les deux autres analyses. Il en résulte que le quatrième paramètre varie plus dans ces trois échantillons analysés que dans l'ensemble des tectites des divers centres décrits jusqu'ici; tandis que dans celles-ci le rapport des feldspaths virtuels est généralement *monzonitique*, il est ici *dacitique*.

La signification de ces différences gagnera à n'être discutée que lorsque des documents plus nombreux auront été réunis. Il est probable que, comme cela a eu lieu en Indochine, une fois ces premiers gisements découverts, il en sera bientôt trouvé d'autres. Il est vrai qu'à la Côte d'Ivoire, l'épaisseur de la couverture forestière ne facilitera pas les recherches.

Notons que, comme dans toutes les régions à tectites dont je me suis occupé jusqu'ici, la présence de ces petits fragments de verre n'avait pas échappé aux indigènes. Le folklore du pays devait donc être interrogé, même s'il ne devait pas nous apporter de notions utilisables.

Dans la langue baoulé, les tectites sont désignées sous le nom d'*agna*. Tandis qu'en Extrême Orient, les indigènes leur attachent une idée astrale (pierres de lune, excréments d'étoile etc.), les Baoulés leur attribuent une signification plus terre à terre; orpailleurs, ils les considèrent du point de vue de leur intérêt immédiat. La présence de ces produits, aussi rares que l'or qu'ils cherchent, est pour eux l'indice de la richesse en métal jaune. Ils prétendent qu'à leur vue une angoisse saisit le mineur, comme s'il s'en échappait quelque effluve délétère. Certains en seraient morts!

Et voilà pourquoi ils recueillent avec soin, pour les conserver dans leurs cases, ces petites pierres noires si précieuses à leurs yeux et c'est grâce à cette circonstance que nous devons d'avoir pu les étudier.

SPECTROSCOPIE. — *Relation simple et générale du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants.* Note de M. **H. Deslandres**.

I. Cette Note est la suite des Notes publiées sous le même titre le 11 juin et le 6 août 1934; elle expose des vérifications et applications nouvelles de la formule (1) ci-dessous :

(1) $$\nu \text{ en cm}^{-1} = qd_1/r's'$$

qui relie chaque fréquence infrarouge ν de la molécule aux électrons et anneaux d'électrons qui entourent le noyau de l'un de ses atomes; d_1 est la constante universelle 1062,5 et s' le nombre des électrons qui sont contenus dans les anneaux excités par un atome voisin de la molécule; q est un nombre entier, et r' un nombre entier en général petit. Pour éviter les redites, je prie le lecteur de se reporter aux deux Notes précédentes.

La formule (1) a été déduite de l'observation seule, et elle conduit à des idées nouvelles sur la genèse des radiations émises par la molécule et sur la formation de la molécule elle-même; elle implique certaines conditions que doivent remplir les atomes constituants.

Les théories électroniques de Kossel, Langmuir et Lewis et aussi les théories quantiques font intervenir seulement les électrons du premier anneau dans les atomes de la molécule, les anneaux étant comptés à partir de l'extérieur; mais l'étude des fréquences émises montre que les autres électrons, plus rapprochés du noyau, ont une influence presque égale. Il y a là une première différence avec les recherches antérieures; de plus la fréquence émise est sous la dépendance d'une loi simple; elle varie en raison inverse du nombre total des électrons excités.

Chaque atome de la molécule a ainsi ses fréquences propres, liées à ses électrons excités, et les autres atomes interviendraient seulement pour provoquer l'excitation, d'autant mieux que leur masse est plus forte.

Mais, évidemment, les fréquences des atomes ou des groupes d'atomes qui forment la molécule doivent être en accord; ce qui est réalisé le mieux possible, lorsque les électrons excités dans ces groupes sont en nombre égal. Cette condition nouvelle, énoncée déjà en avril dernier, est importante; lorsqu'elle est remplie, elle entraîne une bonne stabilité de la molécule; elle est satisfaite avec la plupart des molécules étudiées dans les Notes précédentes.

Cependant la molécule est encore plus stable quand elle a la structure des gaz rares et offre un premier anneau formé de huit électrons. Si l'on tient compte en même temps de la condition précédente, on peut expliquer simplement les variations de la valence chimique dans les corps simples des deux premières périodes de Mendeleef. La valence d'un élément, comme on sait, est le nombre d'atomes d'hydrogène que l'élément peut s'attacher. Or, dans les quatre premiers éléments de la première période Li, Be, B, C, le premier anneau a respectivement 1, 2, 3 et 4 électrons; d'où la nécessité d'avoir respectivement 1, 2, 3 et 4 atomes de H, associés à l'élément, pour réaliser l'égalité des électrons excités dans les deux parties de la molécule. Avec les autres éléments de la période, la valence au contraire diminue de 4 à 1; car les molécules CH^4, NH^3, OH^2 et PH ont le nombre d'électrons du gaz rare le néon, et la stabilité maxima. Avec un nombre plus grand d'atomes H, la vie de ces molécules serait très courte.

La molécule, dont les atomes ont une certaine mobilité, les répartit souvent en deux groupes qui ont des fréquences égales. Autrement, si s'_1 et s'_2 sont les nombres des électrons excitables dans les deux groupes, la fréquence d_1/s'_1 d'un groupe se divise en parties égales pour assurer l'égalité des deux fréquences, d'où le nombre entier r'; ou encore la fréquence de la molécule est un multiple de $d_1/s'_1 \times {}'_2$.

Les électrons de l'atome sont excités par anneaux; or l'anneau de 8 électrons a des subdivisions de 6 et de 2 électrons, qui se retrouvent dans les fréquences de la molécule. Ainsi avec l'atome Cl examiné plus loin, les nombres d'électrons excités peuvent être 7 premier anneau, ou Cl1a; 15 ou Cl2a, 17 ou Cl3a. Avec les subdivisions on a les nombres 5 ou Cl2a′, 13 ou Cl2a′, l'abréviation a′ représentant le cas où le dernier anneau excité est diminué de deux électrons.

A l'appui de ces remarques, on peut présenter plusieurs spectres du Tableau X ci-après.

II. La formule (1) a été vérifiée déjà sur plusieurs molécules simples, la plupart diatomiques, et en particulier sur les molécules A^2 dont les deux atomes A sont identiques. Or, actuellement, on connaît les spectres Raman de plus de 500 molécules, la plupart organiques et assez complexes. J'ai analysé un grand nombre de ces spectres, en recherchant pour chaque fréquence émise les nombres $r's'$ qui, portés dans la formule, reproduisent cette fréquence avec un résidu acceptable. La formule (1) est encore vérifiée, et, parmi les molécules étudiées, il en est qui ont plus de 10 atomes et plus de 80 électrons. J'ai réuni dans le Tableau X ci-après quelques

Tableau X. — *Fréquences infrarouges de molécules.*

Molécule et mode d'excitation.	Fréquence de la raie en cm^{-1} et intensité entre ( ).	Multiple de $d_1/r's'$ et résidu.	Nombre s' d'électrons excités dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de leurs anneaux (a.).	
OH^2 vapeur, Raman...	3654 (10) =	$31 d_1/9 - 5,7$	9 de O^- 2 a. ou OH et 1 de H^{2+} ou H	dans OH^2
	» =	$55 d_1/8 \times 2 + 1,7$	8 de O 2 a. ou O^{--} 1 a. et 2 de H^2	dans OH^2
	» =	$196 d_1/19 \times 3 + 0,5$	19 de O^2H^{2-} 2 a. et 1 de H^{2+}	dans $(OH^2)^2$
CH^2O solution, Raman.	1461 (1) =	$11 d_1/8 - 2,0$	8 de CH^2 2 a. et O 2 a.	dans CH^2O
	1768 (1) =	$5 d_1/3 - 2,8$	6 de CH^2 1 a. et O 1 a.	dans CH^2O
	2945 (1) =	$97 d_1/7 \times 5 + 0,4$	7 de CH^{2-} 1 a. et 5 de O^+ 1 a.	dans CH^2O
	910 (0) =	$6 d_1/7 - 0,7$	» »	dans CH^2O
	1039 (0) =	$44 d_1/15 \times 3 + 0,1$	15 de CH^2O^+ 2 a. et de CH^2 2 a. et O^- 1 a'.	dans $(CH^2O)^2$
CH^3OH liquide, Raman.	2835 (6) =	$8 d_1/3 + 1,7$	9 de CH^3 2 a. et OH 2 a.	dans CH^4O
	1034 (5) =	$35 d_1/9 \times 4 + 1,0$	» »	dans CH^4O
	1462 (5) =	$11 d_1/8 - 1,0$	8 de CH^{3+} 2 a. et OH^- 1 a.	dans CH^4O
	2943 (5) =	$36 d_1/13 + 0,7$	13 de CH^3O 1 a. et 1 de H	dans CH^4O
	3388 (5) =	$51 d_1/8 \times 2 + 1,3$	8 de CH^{3+} 2 a. et OH^- 1 a.	dans CH^4O
	» =	$67 d_1/7 \times 3 - 1,9$	7 de CH^3 1 a. et OH 1 a. et 3 de H^3 et C 2 a.	dans CH^4O
	1362 (0) =	$9 d_1/7 - 4,1$	7 de CH^3 1 a. et OH 1 a.	dans CH^4O
	» =	$41 d_1/8 \times 4 + 0,7$	8 de CH^{3+} 2 a. et OH^- 1 a.	dans CH^4O
$ClCH^3$ gaz, Raman....	712 (10) =	$2 d_1/3 + 3,7$	3 de H^3, 6 de C 2 a., 9 de CH^3 2 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$14 d_1/7 \times 3 + 3,7$	7 de CH^3 1 a. et de Cl 1 a.	dans $ClCH^3$
	2955 (10) =	$25 d_1/9 + 3,6$	9 de CH^3 2 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$89 d_1/8 \times 4 - 0,1$	8 de CH^{3+} 2 a. et de Cl^- 1 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$142 d_1/17 \times 3 - 3,3$	17 de Cl 3 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$139 d_1/25 \times 2 + 1,8$	25 de $ClCH^2$ 3 a. et 1 de H	dans $ClCH^3$
	1098 (2) =	$31 d_1/15 \times 2 + 0,1$	15 de Cl 2 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$33 d_1/8 \times 4 + 2,3$	8 de CH^{3+} 2 a. et de Cl^- 1 a.	dans $ClCH^3$
	2815 (2) =	$45 d_1/17 + 2,5$	17 de Cl 3 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$106 d_1/8 \times 5 - 0,6$	8 de CH^{3+} 2 a. et de Cl^- 1 a.	dans $ClCH^3$
	3024 (2) =	$37 d_1/13 + 0,0$	13 de Cl 2 a'.	dans $ClCH^3$
S^2Cl^2, Raman.........	451 (10) =	$11 d_1/13 \times 2 + 1,5$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$14 d_1/33 + 0,2$	33 de S^{2-} 3 a. et de Cl^{2+} 3 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$23 d_1/9 \times 6 - 1,6$	9 de S^{2-} 1 a'. et de Cl^{2+} 1 a'.	dans S^2Cl^2
	110 (7) =	$d_1/9 - 8,1$	» »	dans S^2Cl^2
	» =	$3 d_1/29 + 0,1$	29 de S^{2-} 2 a. et de Cl^{2+} 2 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$4 d_1/13 \times 3 + 1,0$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$5 d_1/25 \times 2 + 3,8$	25 de S^{2-} 2 a'. et de Cl^{2+} 2 a'.	dans S^2Cl^2
	200 (5) =	$5 d_1/13 \times 2 - 4,3$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$5 d_1/9 \times 3 + 3,2$	9 de S^{2-} 1 a'. et de Cl^{2+} 1 a'.	dans S^2Cl^2
	» =	$58 d_1/29 \times 2 - 1,5$	29 de S^{2-} 2 a. et de Cl^{2+} 2 a.	dans S^2Cl^2
	247 (2) =	$2 d_1/9 + 10,9$	9 de S^{2-} 1 a'. et de Cl^{2+} 1 a'.	dans S^2Cl^2
	» =	$3 d_1/13 + 1,8$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2

molécules intéressantes, en commençant par les plus simples. Les fréquences sont tirées de l'ouvrage de Kohlrausch.

Le premier corps du tableau est la vapeur d'eau OH^2, qui a une seule fréquence Raman, rattachée, comme il est naturel, à $d_1/8$ et $d_1/9$. La même fréquence est émise par le dimère $(OH^2)^2$. Les trois corps qui suivent, la formaldéhyde CH^2O, l'alcool méthylique CH^3OH et le chlorure de méthyle $ClCH^3$, ont un spectre plus riche et un nombre croissant d'électrons; la dernière colonne indique les groupes d'électrons auxquels chaque fréquence est attribuée. Comme on l'a noté déjà, chaque fréquence, en général, peut être rattachée à des arrangements différents des atomes et électrons dans la molécule. Les petites différences entre les fréquences de ces arrangements peuvent tenir à plusieurs causes et à celles-ci en particulier : la dispersion des premiers spectrographes a été insuffisante pour les séparer, ou les fréquences normales sont légèrement forcées, de manière à réaliser leur égalité.

Cette analyse spéciale, appuyée sur les divisions naturelles des électrons, permet d'expliquer ou même de prévoir des particularités intéressantes des molécules et de leurs spectres. Ainsi les deux molécules $ClCH^3$ et $SHCH^3$ qui ont le même nombre d'électrons, Cl étant remplacé par SH, sont à rapprocher; elles ont des radiations communes.

La molécule N^3H est, par ses propriétés chimiques, voisine de ClH. Or les nombres des électrons excitables dans les deux composés sont les mêmes; $N^3\,1a$ et $Cl\,2a$, sont égaux à 15. $N^3\,2a$ est égal à 21, et la radiation Raman unique de ClH est rattachée à $d_1/15$, $d_1/21$ et $d_1/32$. Le spectre Raman de N^3H, qui n'est pas encore connu, sera probablement aussi rattaché aux mêmes nombres.

L'étude des composés du soufre et du chlore est intéressante. Avec S les nombres des électrons excitables sont 6, 14 et 16 et avec Cl, 7, 15 et 17. Il y a égalité des électrons seulement avec le composé SCl^2, pour $S\,2a$ et $Cl^2\,1a$; il y a un certain accord des électrons avec SCl et SCl^4, mais la stabilité doit être faible. Les chimistes n'ont pas isolé SCl, mais S^2Cl^2; car, avec S^{2-} et Cl^{2+}, on a l'égalité des électrons et une attraction électrostatique; pour S^{2-} et Cl^{2+}, les nombres d'électrons sont 13, 29 et 33; et, si l'on considère les sous-anneaux, 9 et 25. Le Tableau X montre que les 4 radiations de S^2Cl^2 sont rattachées à ces 5 nombres.

Dans une Note prochaine, je montrerai que l'on peut expliquer de la même manière les 11 fréquences du benzène, qui a 12 atomes avec 42 électrons.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles expériences sur les germinations des graines de Pomme de terre en montagne* (1934). Note de MM. **Julien Costantin, Joseph Bouget** et **Joseph Magrou.**

Nous avons repris en 1934 nos expériences antérieures sur la culture de la Pomme de terre issue de semis de graines dans diverses stations pyrénéennes. Rappelons qu'en 1933, nous avions observé une abondante production de mycorhizes endotrophes chez des plantules issues de graines, élevées dans une terre de prairie prélevée à 2000^m et vierge de toute culture [1]. L'étude microscopique des plantes de 1934 n'étant pas encore faite, nous nous bornerons, dans la présente Note, à donner les résultats numériques de nos cultures.

Les graines nous ont été encore fournies par M. Louis de Vilmorin, ainsi que les plants mis en germination dès le 26 février 1934 à Verrières-le-Buisson (S.-et-O.).

I. Graines :

Elles ont été semées le 26 mai à 1400^m (au Peyras) et à 560^m (à Bagnères-de-Bigorre), en *terre vierge*, prélevée non à 2000^m, mais à 1500^m.

A. *Au Peyras* (à 1400^m). — Repiquage, 25 juin; plantation en plein champ (terre ordinaire), 18 juillet; arrachage, 15 octobre 1934. Durée de la culture, 4 mois et 20 jours : 142 jours.

Rendements (*semis en terre vierge*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules.	Poids total.	Rendements moyens par pied.
Betula	6	109	1350^g	225^g
Maréchal Franchet d'Esperey	6	102	1250^g	208^g
Quarantaine de la Halle	4	117	450^g	75^g
Roode Industrie	gelés	gelés	néant	néant

Le 3 et le 4 août, le thermomètre a marqué — 5° au Pic du Midi et la neige est descendue à 1700^m; *Roode Industrie* a été gelé, les trois autres variétés, bien que

(1) J. Costantin, J. Magrou, J. Bouget et Mlle V. Jaudel, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

touchées par le froid, ont continué à donner une faible végétation et se sont desséchées le 8 septembre.

B. *A Bagnères-de-Bigorre* (560m). — Repiquage, 25 juin; plantation en plein champ (terre ordinaire), 17 juillet; arrachage, 8 novembre 1934. Durée de la culture, 5 mois et 13 jours : 166 jours.

RENDEMENTS (*semis en terre vierge*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules.	Poids total.	Rendements moyens par pied.
Betula	5	60 (4 gâtés)	480g	96g
Maréchal Franchet d'Esperey	6	78	750	125
Quarantaine de la Halle	3	44	100	33
Roode Industrie	1	10	130	130

Les Courtillères ont fait périr une partie des plantules; il n'est resté intact que *Maréchal Franchet d'Esperey*. Un pied de cette variété a produit, à lui seul, 24 tubercules, d'un poids total de 270g; il est à noter que, lors du buttage de ce pied, *on avait mélangé de la terre vierge à la terre ordinaire*. Cette plante n'était pas moins remarquable par le développement de ses parties aériennes : après 166 jours de végétation en terre vierge, elle avait fleuri et atteignait 83cm de haut, avec grandes feuilles.

II. PLANTS :

Les graines ont été semées le 26 février 1934 à Verrières-le-Buisson; les plants obtenus ont été expédiés dans les Pyrénées et mis non plus en terre vierge, mais *en terre de champ ordinaire*.

A. *Au Peyras* (à 1400m). — Repiquage dans les Pyrénées, 20 mai; plantation dans le champ, 7 juin; arrachage, 7 novembre 1934. Durée de la culture (depuis le 25 février), 8 mois et 10 jours : 255 jours.

RENDEMENTS (*en terre ordinaire, probablement avec Champignons*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules.	Poids total.	Rendement moyen au pied.
Rosafolia	6	91	2070g	315g
Mine d'or	6	110	1110	183
Deodora	6	89	1180	196
Pepo	6	97	1050	175
Cellini	6	115	1950	325
Blanchard	6	zéro	zéro	zéro

Vraisemblablement les champignons symboliques des hautes altitudes y existent,

c'est pour cela qu'on a de si forts rendements; l'étude microscopique apprendra si c'est exact.

La variété *Blanchard* a été touchée par le froid du 3 au 4 août; jusque-là, elle avait donné une belle végétation; au début de septembre les pieds se sont desséchés et l'on n'a trouvé aucun tubercule à l'arrachage.

A l'arrachage, *Cellini*, *Mine d'or* et *Pepo* étaient encore en pleine végétation. Les tiges de *Deodora* et de *Rosa folia* étaient desséchées.

B. *A Bagnères-de-Bigorre* (560^m). — Repiquage, 20 mai; plantation en plein champ, 6 juin; arrachage 8 novembre 1934, Durée de la végétation (depuis le 26 février), 8 mois et 11 jours : 256 jours.

RENDEMENTS (*en terre ordinaire à Champignons absents ou très rares*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules (souterrains).	Poids total.	Rendements moyens au pied.
Rosa folia.....	6	zéro	zéro	zéro
Mine d'or.....	6	zéro	zéro	zéro
Deodora......	6	2 petits tuber.	non pesé	non déterminé
Pepo.........	6	4 »	»	»
Cellini........	6	zéro	zéro	zéro
Blanchard.....	6 / 4 sont morts	petits tuber. aériens rouges et ronds	non pesé	non déterminé

Il est très probable que les Champignons symbiotiques sont inexistants ou rares; l'étude microscopique renseignera sur ce point.

Il est à noter que *Mine d'or* a présenté sur les stolons aériens trois renflements tubérisés; *Rosafolia* en a présenté un seul; deux pieds de *Cellini* en ont donné de rouges et ovales.

III. COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS DE 1933 :

Des différences notables sont à signaler entre les deux années culturales 1933 et 1934.

En 1933, à 1400^m, les plants Vilmorin germés à Verrières et transportés en montagne en terre de champ ont tubérisé beaucoup plus abondamment que les plantules issues de graines semées en terre vierge et conservées dans cette même terre durant toute leur végétation. A 560^m, toutes les plantules issues de graines et tous les plants germés d'abord à Verrières sont morts sans tubériser, déchéance qui paraît en rapport avec une sécheresse excessive, comme on n'en avait pas vu depuis 1899 (ayant duré du 3 juillet au 8 septembre).

En 1934, à 1400^m, les plantules issues de graines germées en terre vierge, repiqués d'abord en terre vierge, puis en terre de champ, aussi bien que les

plants germés à Verrières et repiqués en montagne (en terre de champ également), ont donné des tubercules en quantité très notable. A 560^m, les plants issus de graines semées en terre vierge ont tubérisé assez abondamment, tandis que les plants germés à Verrières et transportés ensuite en terre de champ ont subsisté jusqu'en novembre sans tubériser (à de très rares tubercules près; un pied de *Cellini* avait 10^{cm} de haut, à petites feuilles, zéro tubercule au bout de 8 mois et 11 jours de végétation). A l'altitude de 560^m, la végétation initiale en terre vierge paraît donc avoir exercé une influence favorable sur la tubérisation (un pied de *Maréchal Franchet d'Esperey* avait 83^{cm}, de grandes feuilles, 24 tubercules pesant 270^g au bout de 5 mois et 13 jours de végétation). Dans les mêmes conditions culturales, les rendements se sont toutefois montrés un peu supérieurs à 1400^m (influence possible de l'altitude).

Nous nous proposons de rechercher, par l'étude microscopique des racines, si les plants cultivés en terre vierge présentent, comme en 1933, des mycorhizes, et s'il existe une relation entre la symbiose et le mode de végétation.

SÉROTHÉRAPIE. — *La streptococcémie et la méningite suppurée à streptocoques. Action du sérum antistreptococcique dans ces états infectieux.* Note de M. **Hyacinthe Vincent.**

L'homme présente, pour le streptocoque, une réceptivité spéciale qui se traduit par la très grande fréquence des états infectieux que détermine ce microbe pathogène. S'il était possible d'établir un relevé exact des décès qui lui sont imputables comme agent d'infection primitive ou secondaire, on constaterait que le streptocoque se classe parmi les microorganismes les plus dangereux pour l'espèce humaine.

Ces raisons m'ont conduit à rechercher une méthode sérothérapique qui permît de combattre efficacement les maladies dont il est responsable.

La difficulté considérable qu'a présentée jusqu'ici la préparation d'un sérum antistreptococcique actif résulte du caractère peu antigène du microbe, de sa ténacité et de sa résistance excessive, *in vivo*, aux moyens de destruction biologiques ou médicamenteux qu'on lui a opposés. D'autre part, le streptocoque trouve dans le sang des septicémiques un milieu de culture très peu favorable; mais il est déversé incessamment dans la grande circulation par le foyer originel chirurgical ou médical où il s'est d'abord

cultivé (plaie, otite, angine, sinusite, thrombo-phlébite, lésions buccale, intestinale; plaie utéro-placentaire *post partum* et *post abortum*, etc.; broncho-pneumonie, scarlatine, rougeole, etc.). D'autres fois, il s'entretient à la surface de l'endocarde, d'un gros vaisseau, ou dans un foyer viscéral ou tissulaire pour se répandre également, d'une manière continue, dans le circuit sanguin.

Le sérum que j'ai préparé est obtenu par l'inoculation, aux chevaux, de races virulentes de streptocoques extraits de lésions humaines, en particulier chez des malades atteints de formes graves d'infection (*S. hemolyticus*, *S. viridans*, *S.* γ de Smith et Brown), compte non tenu de leurs propriétés fermentatives pour les sucres ou de leur action réductrice ou non sur le rouge neutre, qui paraissent accessoires. Leur émulsion est injectée à doses progressives au cheval. Le titrage du sérum est fait d'après ses propriété bactéricides, mais il n'existe, à vrai dire, aucune méthode qui permette de faire un titrage rigoureux. Par contre son efficacité chez les malades atteints de streptococcie est très élevée. Il est antitoxique et antimicrobien.

Chez les malades atteints de streptococcie grave, les symptômes d'intoxication microbienne s'atténuent les premiers, sous l'influence des injections quotidiennes de l'antisérum (100^{cm^3}). Les troubles nerveux, la prostration ou l'agitation, le délire, la dyspnée toxique, la tachycardie régressent, en effet, parfois après un jour, ou bien aux deuxième ou troisième jours. Les grands frissons quotidiens cessent dès la première injection. Toutefois, la fièvre persiste encore. La stérilisation du sang est généralement obtenue du sixième au onzième jour du traitement régulièrement poursuivi, parfois plus tôt, très rarement plus tard. La guérison, lorsqu'elle se produit, est d'autant plus rapide que la sérothérapie est appliquée plus précocement. Les injections intraveineuses, lorsqu'elles sont possibles, sont les plus efficaces.

J'ai fait connaître dans un ensemble de publications, dont la première a été présentée à l'Académie des Sciences (1), les effets exceptionnellement favorables dus à l'emploi de cette méthode. Les expressions les plus variées et les plus malignes de la streptococcie cèdent le plus habituellement à son emploi méthodique et continu.

Il est deux manifestations fréquentes de l'infection streptococcique qui comportent un pronostic habituellement fatal : ce sont la septicémie et la méningite ou la méningo-encéphalite aiguës, avec ou sans abcès cérébral.

(1) H. Vincent, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1348.

Bien que certaines infections fugaces du sang par des streptocoques de faible virulence puissent guérir parfois spontanément, on considère que la septicémie streptococcique amène la mort de la plupart des malades qui en sont atteints. Avant l'emploi du sérum, la septicémie à streptocoques était « d'un pronostic effroyable » (G. Étienne). Quant à la méningite à streptocoques, on n'en connaissait pas, jusqu'ici, d'exemple de guérison.

En conséquence, le critère le plus sûr de l'activité de cette méthode sérothérapique est donné, non par le traitement des formes banales de streptococcie, telles que l'érysipèle ([1]), mais par ses effets thérapeutiques dans les formes essentiellement pernicieuses de l'infection, savoir dans la *septicémie* vérifiée et dans la *méningite* ou la *méningo-encéphalite suppurées*.

Je ne retiendrai donc ici que les résultats observés dans le traitement de ces dernières infections ([2]). Les documents sur lesquels est fondée cette étude sont les publications, aujourd'hui très nombreuses, parues sur les effets de cette méthode et, d'autre part, les observations cliniques qui m'ont été adressées par les médecins témoins de ces cas.

En vue de donner à cette statistique une rigueur aussi complète que possible, on y a fait entrer un nombre appréciable de décès qui, à la vérité, eussent pu en être écartés ([3]).

Bien que ces derniers décès aient été portés au passif de la méthode, cependant les résultats généraux fournis par le sérum antistreptococcique demeurent très satisfaisants. En effet, la plus forte proportion des malades, dont l'état était uniformément considéré comme désespéré, a guéri sous l'influence de cette méthode sérothérapique.

Le nombre total des *septicémiques* et des *méningitiques* soumis à ce trai-

---

([1]) Cependant l'érysipèle ombilical du nouveau-né est considéré comme mortel. Il m'a été signalé trois observations de cette affection ; ces trois malades ont été guéris par les injections de sérum.

([2]) Le sérum est sans action dans l'endocardite lente de Jaccoud-Osler.

([3]) J'ai compris, en effet, dans les insuccès de la sérothérapie, des décès survenus chez des malades n'ayant reçu que des doses très insuffisantes (parfois infimes) de sérum ; ou bien, injectés très irrégulièrement, avec de longues interruptions ; ou traités très tardivement (plusieurs l'ont été *in extremis*) ; ou de méningitiques injectés seulement sous la peau, leur maladie réclamant simultanément les injections intrarachidiennes de sérum, etc. Chez plusieurs, le diagnostic de streptococcémie a été porté ; cependant la culture était négative, etc.

Je n'ai pas cru devoir récuser ces cas négatifs, malgré leur technique très imparfaite de traitement ou leur étiologie discutable.

tement a été de 218. Le nombre des guérisons observées chez eux a été de 180. Celui des décès a été de 38.

La proportion générale des guérisons par le sérum antistreptococcique ressortit, en conséquence, à 82,53 *pour cent malades. Celle des décès n'est que de* 17,47 *pour* 100.

Il importe de faire remarquer que, parmi les malades qui ont été guéris, un nombre élevé d'entre eux étaient atteints de formes cliniques et de complications d'une gravité telle qu'il serait difficile d'en envisager de plus redoutable. On en jugera par les exemples suivants : fractures du crâne (3 malades); méningo-encéphalite ou méningite suppurée à streptocoques (7 malades); broncho-pneumonie (16 malades); pleurésie suppurée (8 malades); arthrite suppurée d'une grande articulation (7 malades); péritonite généralisée (1 malade); péricardite suppurée (1 malade); endocardite aiguë récente (7 malades); thrombo-phlébite des sinus ou de la jugulaire (11 cas), néphrite hémorragique, phlegmon de l'orbite, etc.

Chez un certain nombre de ces malades, ces diverses complications étaient associées, ajoutant ainsi à la gravité considérable de l'infection.

Il ne semble pas qu'aucune méthode de traitement, sérothérapique ou autre, ait apporté dans ces infections si graves et à pronostic habituellement mortel, des résultats comparables à ceux que donne l'emploi du sérum antistreptococcique que j'ai étudié.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *L'observation des épidémies tunisiennes des typhus historique et murin et l'étude de leurs virus montrent que ces deux maladies sont étrangères l'une à l'autre.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Paul Giroud**.

L'un de nous a soutenu à plusieurs reprises, ici même, l'opinion que le virus typhique historique et le virus typhique murin, quoique de même origine, se comportent actuellement comme deux maladies étrangères l'une à l'autre.

Il s'est élevé, en particulier, contre l'argumentation qui prétend trouver, dans les réactions du cobaye, la clef du problème. Le cobaye est un *intrus* dans la question; jamais il n'est atteint de typhus dans les conditions naturelles. C'est aux acteurs des deux maladies, homme et poux pour le typhus historique, rats et puces pour le murin, qu'il convient de demander la solution. Nous avons démontré, par preuves multipliées, que, chez aucun de ces êtres, les deux typhus ne se comportent de la même manière.

Ils se comportent différemment aussi dans les conditions de la contagion.

Le typhus murin est commun sur les rats de Tunis; le typhus historique ne se rencontre plus aujourd'hui dans la Régence que sur la population nomade des campagnes éloignées.

Si le typhus murin était capable de se transformer actuellement en typhus historique, on observerait à Tunis des cas humains de typhus d'origine urbaine et, de temps en temps, la population miséreuse des faubourgs n'étant pas entièrement affranchie de ses poux, de petites épidémies à point de départ local. Or, les quelques cas de typhus qu'on observe en ville sont d'origine extérieure. S'il s'en est produit exceptionnellement d'origine murine, ce qui est probable, ils sont passés inaperçus. Une épidémie, même réduite, n'aurait pas échappé à la surveillance du bureau d'hygiène.

Nous avons pensé, d'autre part, que, si le typhus historique et le typhus murin constituaient une maladie unique, les rats des foyers humains en activité et ceux des foyers invétérés anciens, éteints aujourd'hui, devraient être porteurs du virus. Aussi avons-nous entrepris, sur ce point, une enquête au cours de l'été dernier.

Enquête sur des foyers invétérés de typhus, éteints aujourd'hui. — Le bagne de Porto-Farina a été créé en 1890, la colonie pénitentiaire agricole du Djouggar en 1902. Chaque année, jusqu'en 1910, le typhus sévissait avec violence sur les détenus de ces deux établissements et n'épargnait pas leurs gardiens. Dès 1920, il en est disparu du fait des mesures systématiques prises contre les poux.

Si le typhus murin et le typhus historique étaient identiques, il n'y aurait aucune raison pour que ces mesures qui ont libéré du typhus les deux bagnes aient agi en même temps sur le typhus murin qui se transmet de rat à rat par cannibalisme, par les urines ou par les puces. Nous aurions dû, par conséquent, reconnaître l'existence actuelle du virus typhique sur les rats.

Nos recherches ont porté sur 139 exemplaires (Porto-Farina 101, Djouggar 38), appartenant tous à l'espèce *Mus alexandrinus;* elles ont été entièrement négatives.

Enquête sur des foyers typhiques en activité du bled tunisien. — 195 rongeurs (appartenant surtout aux espèces *Mus alexandrinus* et *Mus musculus gentilis*) ont été capturés dans cinq foyers constitués par des douars sur les-

quels le typhus historique sévissait. Aucun de ces animaux n'était porteur d'un virus typhique.

CONCLUSION. — Aussi bien à Tunis que dans le bled tunisien, les deux typhus dont l'un est urbain, l'autre campagnard, se comportent comme des maladies étrangères l'une à l'autre.

Virus naturels non typhiques des rongeurs de Tunisie. — Au cours de notre enquête, nous avons trouvé, sur quelques rats, un virus inoculable au cobaye, ne se conservant pas sur cet animal par les passages et ne le vaccinant pas vis-à-vis des virus typhiques, donc un virus non typhique. Il serait intéressant de le retrouver et d'en faire l'étude.

Nous avons isolé aussi, d'un rat du Djouggar, le spirochète de Sodoku.

HYDRAULIQUE. — *Sur les éléments linéaires engendrés par les mouvements des fluides à l'intérieur des systèmes en charge.* Note (1) de MM. **CHARLES CAMICHEL** et **LÉOPOLD ESCANDE.**

Les expériences de MM. Crausse et Baubiac sur les régimes transitoires (2) nous ont suggéré l'étude des éléments linéaires engendrés par les mouvements des fluides à l'intérieur des systèmes en charge.

Considérons un système en charge à l'intérieur duquel s'écoule un liquide, dont on peut faire varier arbitrairement le débit. A côté des dimensions purement géométriques du système, le mouvement du fluide peut faire apparaître d'autres éléments linéaires, que nous nous proposons d'examiner dans cette étude, où nous les désignerons pour plus de commodité, par éléments linéaires hydrauliques.

1° Supposons, tout d'abord, que le mouvement considéré ne dépend pas de la viscosité propre du liquide qui s'écoule, ou plus exactement, du nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement; nous savons qu'il en est ainsi, en particulier, lorsque la viscosité est assez petite pour que le mouvement soit irrotationnel, les vitesses dérivant d'un potentiel, ou encore lorsque l'ouvrage fonctionne, au contraire, en ouvrage court, le mouvement étant assez turbulent pour que les pertes d'énergie deviennent indépendantes de la viscosité propre du liquide.

Or, dans le cas d'un système en charge où se produit un écoulement indépendant de la viscosité propre du liquide, la similitude existe toujours, quelle que soit la valeur choisie pour le rapport des vitesses des mouvements s'effectuant dans deux

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) E. CRAUSSE et J. BAUBIAC, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 456 et 602.

modèles géométriquement semblables dans le rapport λ; si alors, dans un système déterminé, nous considérons les écoulements correspondant à deux vitesses différentes du liquide V_1 et V_2, d'ailleurs quelconques, ces deux mouvements sont nécessairement semblables dans le rapport géométrique $\lambda = 1$. Par suite, à des instants homologues, les lignes de courant sont semblables dans le rapport $\lambda = 1$, c'est-à-dire identiques, et les déplacements élémentaires correspondants ds_1 et ds_2 pendant des intervalles de temps homologues dt_1 et dt_2 sont tels que

$$\frac{ds_1}{ds_2} = \frac{V_1\,dt_1}{V_2\,dt_2} = 1.$$

Il en résulte que tous les éléments linéaires hydrauliques sont, pour les deux mouvements considérés, rigoureusement semblables dans le rapport $\lambda = 1$, c'est-à-dire identiques.

Les vitesses V_1 et V_2 étant quelconques, il en résulte que les éléments linéaires hydrauliques sont indépendants de la vitesse, dans le système considéré, et ne dépendent que des dimensions géométriques de ce système.

Il en résulte, comme conséquence immédiate des lois de similitude, que, dans un tel système, les durées caractéristiques, les périodes par exemple, sont, pour une forme d'ouvrage déterminée, proportionnelles aux dimensions géométriques du système et inversement proportionnelles à la vitesse du mouvement.

2° Supposons maintenant que le mouvement dans le système considéré dépende de la viscosité propre du liquide ou, plus exactement, de la valeur du nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement. Un raisonnement identique au précédent montre que, par suite de la loi de Reynolds, la similitude à rapport $\lambda = 1$, dans le système envisagé, n'est possible, pour un liquide donné, que si l'on a $V_1 = V_2$. Autrement dit, si la vitesse change dans un système en charge où s'écoule un liquide visqueux, le mouvement n'est plus forcément semblable à lui-même dans le rapport $\lambda = 1$. Les lignes de courant peuvent ne plus demeurer identiques, les éléments linéaires hydrauliques peuvent varier avec le nombre de Reynolds.

On voit, que dans un système en charge, il y a lieu de distinguer *a priori* deux catégories de dimensions linéaires, celles qui correspondent aux éléments purement géométriques et celles des éléments linéaires hydrauliques.

Tant qne le mouvement considéré demeure indépendant de la viscosité (fluide parfait, mouvement à potentiel des vitesses, régime très turbulent des ouvrages courts), les éléments linéaires hydrauliques ne dépendent que des dimensions géométriques de l'ouvrage et sont donc assimilables à des longueurs caractéristiques de celui-ci, au même titre que ces dernières.

Lorsque la viscosité intervient, les dimensions linéaires hydrauliques deviennent fonction du nombre de Reynolds et varient, par suite, pour un

ouvrage donné, avec la valeur de ce nombre que l'écoulement met en jeu.

On peut résumer ces résultats en disant que les dimensions linéaires hydrauliques δ et les durées caractéristiques T qui leur correspondent sont données, à partir des dimensions géométriques D, des vitesses V et des nombres de Reynolds R caractérisant l'écoulement par des expressions de la forme

$$\delta = D f_1(R) \quad \text{et} \quad T = \frac{D}{V} f_2(R),$$

les fonctions f_1 et f_2 ayant une valeur constante quand la viscosité propre du liquide n'intervient pas dans le mouvement considéré.

Application au sillage d'un cylindre. — Dans le sillage d'un cylindre circulaire en régime permanent, on observe [1], pour des valeurs croissantes du nombre de Reynolds R, des modifications successives du sillage, par suite de l'influence de la viscosité : filets symétriques à l'amont et à l'aval, sans décollement, puis courbes α, β, puis tourbillons alternés de Bénard-Kármán. L'examen de la courbe de Strouhal (R, D/VT), déterminée par MM. Dupin et Teissie Solier [2], montre que le paramètre de Strouhal, d'abord variable avec R, devient constant pour un cylindre donné, lorsque l'on a $R > 400$, ce qui confirme la théorie précédente et indique, en même temps, le moment où la viscosité cesse d'intervenir.

Application aux surfaces de discontinuité. — Dans les ouvrages courts, tels que les coudes de conduite, les faisceaux tubulaires de chaudière, etc., les surfaces limitant les sillages sont immobiles et indépendantes du nombre de Reynolds.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La Carte physique de la Région polaire du Nord.* Note de M. J. **Schokalsky.**

Les travaux entrepris durant la deuxième *Année polaire* internationale ont amené avec eux quantité de recherches différentes.

L'Année polaire étant une œuvre physico-géographique, elle a été étroitement liée avec la géographie et de cela vient l'idée d'accompagner les résultats, obtenus par différentes nations d'une œuvre cartographique qui fixerait l'état de nos connaissances géographiques à la clôture des travaux de la seconde Année polaire internationale.

La première Année polaire internationale (1882-1883) a été purement météorologique et magnétique, mais tout de même, entre autres résultats,

---

(1) C. Camichel, L. Escande et M. Ricaud, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1557.

(2) P. Dupin et M. Teissie Solier, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1017.

elle a augmenté dans une certaine mesure nos connaissances géographique s, principalement à l'extrême Nord de la côte Groenlandaise.

C'est à Greely que la Science le doit, l'unique chef de stations survivant encore.

Mais à l'époque de la première Année polaire internationale, malheureusement, on n'a pas eu l'idée d'établir l'inventaire de nos connaissances géographiques par une carte Polaire contemporaine.

Cette idée naquit au sein de la Commission de la deuxième Année polaire de l'U.R.S.S. qui décida de construire une carte polaire physique-hypsométrique et bathymétrique; d'autant plus que la région arctique actuellement ne possédait point une carte pareille, tandis que la région antarctique était gratifiée de deux cartes dernièrement parues.

L'une est éditée par la National Geographic Society de Washington et l'autre publiée par l'American Geographical Society de New-York; cette dernière est due aux labeurs d'un géographe connu, M. J. L. W. Joerg.

Comme 160° en longitude de la mer Polaire sont occupés par les côtes de l'Union socialiste, par conséquent notre pays était beaucoup intéressé dans l'existence d'une carte polaire, mise complètement à jour.

L'affaire décidée, la construction de la carte m'a été confiée.

J'ai choisi la projection azimutale équivalente de Lamberte et comme échelle 1/12000000. La carte s'étend du pôle Nord à la latitude de 50°N.

On a pris tous les soins pour que la carte soit tout à fait à jour.

Pour le secteur américain je dois beaucoup à l'American Geographical Society, à certaines Institutions canadiennes et à M. J. L. W. Joerg. Ils m'ont fourni des données récentes sur l'état cartographique des connaissances actuelles de cette partie de la région polaire.

Pour le Groenland et l'Islande j'ai trouvé un grand appui auprès de Mr. Nörlund, directeur du Service géodésique danois.

Pour l'Eurasie les nouveautés géographiques se trouvaient certainement dans les confins de l'U.R.S.S.

Un grand nombre d'expéditions différentes ont traversé durant les dernières années les contrées du nord de l'Union. Il s'ensuit une énorme transfiguration des traits principaux de la géographie régionale. Des fleuves entiers avec tout le système de leurs confluents, et par conséquent l'hypsométrie du pays, sont transportés à des distances de 300^{km}.

Cette accumulation des données nouvelles continue sans arrêt.

Tous ces matériaux nouveaux ont été compulsés, réduits à l'échelle et figurent sur la carte exposée devant vous.

Pour la bathymétrie on a usé les données des expéditions du *Marion*, du *Météor*, du *Nautilus*, du *Pourquoi-Pas* et de toutes les expéditions nombreuses océanographiques de l'Union.

La carte porte les indications de l'emplacement des stations de la deuxième Année polaire et en outre de cela seulement des localités principales, des grands chemins de fer et des frontières des États.

Ainsi est-elle purement physique.

Les routes suivies par les expéditions océanographiques principales de l'Union y sont aussi indiquées; parce que c'est l'U. R. S. S. qui demanda de joindre l'Océanographie au programme de l'Année polaire internationale.

Comme la Carte est intimement attachée à la deuxième Année polaire internationale, tous les noms géographiques sont en deux langues, russe et anglaise. La transcription des noms russes est faite d'après les règles de la Société Russe de Géographie de l'État.

Toute œuvre humaine est sujette au vieillissement, une carte vieillit beaucoup plus vite qu'un livre; j'espère tout de même que mon travail portera secours aux investigations scientifiques et leur servira durant les années du proche avenir.

Dans tous les cas elle marquera l'état de nos connaissances géographiques à cette date mémorable de la seconde Année polaire internationale.

M. J. **Costantin** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé : *Aperçu historique des progrès de la Botanique depuis cent ans* (1834-1934) qu'il vient de publier à l'occasion du *Centenaire des Annales des Sciences naturelles*.

Quand on parcourt les premières séries des Annales, on est frappé du grand nombre de collaborateurs étrangers les plus illustres dont les noms figurent dans ces volumes : ils furent attirés par l'éclat si brillant alors de la science française.

On s'étonne de ne pas y rencontrer le nom de Pasteur, alors que tant d'éminents pastoriens tels que Raulin, Van Tieghem, Gayon, etc. ont fait paraître des mémoires dans les Annales. En 1861, Pasteur posa sa candidature à un fauteuil de la Section de Botanique de l'Académie, parce qu'il estimait que ses études sur les Bactéries et les Levures, qui sont incontestablement des végétaux, le classaient parmi les botanistes. Il ne fut pas élu, Duchartre l'emporta après une lutte très vive. Il garda une certaine acrimonie contre les Annales et les botanistes à la suite de cet incident qui explique la carence qui vient d'être signalée.

J'ai insisté dans ce livre sur trois points.

La découverte des Bactéries et surtout celle de leurs actions sur les substances minérales inertes et sur les êtres vivants est certainement une des plus grandes conquêtes de la science depuis 1834. Elle est d'ailleurs liée aux grands progrès réalisés dans la connaissance des Cryptogames inférieurs dont l'étude avait été négligée au XVIIIe siècle.

Ce renouveau dans les questions que soulèvent les recherches sur les plantes les plus inférieures, notamment les Champignons, a conduit à une conception nouvelle capitale, celle de la *symbiose* dans laquelle la science française s'est illustrée, grâce à Noël Bernard. Avant la publication de ses beaux travaux, les horticulteurs employaient dans les élevages d'Orchidées des techniques empiriques absolument incompréhensibles et plus ou moins secrètes. Le voile qui couvrait ces pratiques mystérieuses fut tout à coup levé et tous les phénomènes expliqués. L'horticulture en reçut un prodigieux essor et l'on compte maintenant par milliers le nombre des hybrides nouveaux que l'art horticole sait conserver indéfiniment après leur apparition. Ils seront prochainement plus nombreux que les végétaux sauvages de cette grande famille, qui compte cependant près de dix mille espèces : c'est un fait considérable dans l'histoire de la science. Ces créations constituent presque un bouleversement de la nature, manifestation incontestable et saisissante du génie humain.

Mais la puissance de l'intelligence de notre espèce se manifeste encore et au plus haut point par l'édification de la *doctrine de l'Évolution*. Énoncée avec une certaine précision par Lamarck en 1809 et malgré l'opinion formulée par Gœthe en 1830, le succès d'une telle conception, qui fut âprement combattue par Cuvier, était encore bien lointain.

En France surtout, une réaction se produisit qui dura jusqu'à la décade de 1875-1885 et cela malgré l'immense retentissement et le prodigieux succès de l'ouvrage célèbre de Darwin publié en 1859; les études sur les actions du milieu ont fortement contribué à l'émancipation de la pensée des naturalistes français tels que Giard, Perrier, Bonnier, etc. La consolidation des idées transformistes est certainement le fait le plus important célébré par le Centenaire des Annales.

M. M. Caullery fait hommage à l'Académie de l'édition en langue anglaise des conférences faites par lui à New-York en 1933 sur la Science française : *French Science and its principal Discoveries since the XVIIth Century*.

M. **Jules Richard** fait hommage à l'Académie des fascicules LXXXVIII et LXXXIX des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, *Prince souverain de Monaco : Tuniciers pélagiques provenant des croisières du Prince Albert Ier de Monaco*, par Hervé Harant et Paulette Vernières; *Liste générale des stations des Campagnes scientifiques du Prince Albert de Monaco avec notes et observations*, par Jules Richard.

CORRESPONDANCE.

Mmes **Alix de Carbonnières de Saint-Brice**, **Irène Joliot-Curie**, **André Lwoff**, **Édouard Salles**;

Mlle **Gilberte Pallot**;

MM. **Walter S. Adams**, **Paul-Félix Armand-Delille**, **Zenon Bacq**, **Jacques Bailly**, **Daniel Barbier**, **Paul Baud**, **François Bedeau**, **Edmond Benhamou**, **Jean-Jacques Bouckaert**, **Roger Boutteville**, **Lucien Brouha**, **Paul Bruère**, **Georges Chaudron**, **Pierre Chouard**, **Jean-Jacques Colas-Belcour**, **Remy Collin**, **Raoul Combes**, **Émile Cotton**, **Augustin Damiens**, **Paul Dorveaux**, **Gonzague Dubar**, **René Dujarric de La Rivière**, **Camille Durieux**, **Jean Favard**, **Maurice Fréchet**, **Henri Hérissey**, **Corneille Heymans**, **René Huguenin**, **Pierre Humbert**, **Hubert Jausion**, **Frédéric Joliot**, **Henri Lagrange**, **Édouard Lamy**, **Pierre Lassablière**, **Théodore Lehmann**, **Carlos Lepoutre**, **Jean Leray**, **Charles Lectoquoy**, **René Lucas**, **André Lwoff**, **Auguste-Ch. Marie**, **Constant Mathis**, **Robert Mazet**, **Maurice Nicloux**, **Jean Ottenheimer**, **Maurice Pardé**, **Jacques Pellegrin**, **Raymond Poisson**, **Louis Potin**, **André Prévot**, **Ferdinand Quénisset**, **Jean Quénu**, **Jean Quérangal des Essarts**, **Paul Remlinger**, **René Retel**, **Yves Rocard**, **Édouard Roch**, **Jean Rostand**, **Jules Sion**, **Georges J. Stefanopoulo**, **René Swyngedauw**, **Georges Teissier**, **Jean Tilho**, **Camille Vallaux**, **Pierre Vernotte** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M. **R. Jouanne** remercie l'Académie pour la distinction accordée aux travaux de son fils **Pierre Jouanne**, décédé.

Mmes **Gabriel Cusco** et **Pierre Savorgnan de Brazza** adressent également des remercîments à l'Académie.

MM. le Directeur des **Annales des Sciences naturelles**, **Camille Arambourg**, **James Basset**, l'Administrateur de la **Bibliothèque natio-**

NALE ET UNIVERSITAIRE DE STRASBOURG, LOUIS DOMANGE, RENÉ DUBRISAY, JEAN GUBLER, HENRY HUBERT, MARCEL LAPORTE, le Directeur de l'ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT, le Général commandant l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, RENÉ PÂRIS, A. POIDEBARD, HENRI SIMONNET, ANDRÉ WAHL adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Spedizione Italiana DE FILIPPI *nell' Himálaia, Caracorùm e Turchestàn cinese* (1913-1914). GIOTTO DAINELLI. *Indici analitici.*

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le dernier théorème de Fermat.* (*Divisibilité par* 3 *et par* 5.) Note de M. **LÉON POMEY**, présentée par M. d'Ocagne.

M. Massoutie et moi [1] avons montré, indépendamment l'un de l'autre, que, si n est un nombre premier de la forme $6h-1$, l'équation

$$x_1^n + x_2^n + x_3^n = 0 \qquad (1)$$

ne peut être satisfaite par des entiers non nuls que si l'un d'eux est divisible par 3. *Je me propose maintenant d'établir : 1° qu'il en est de même si* $n = 6h+1$; *2° qu'il est nécessaire également que l'un des trois entiers* x_1, x_2, x_3 *soit divisible par* 5, *quel que soit le nombre premier* $n \geqq 3$.

1° *Démonstration du premier théorème* (*Cas du diviseur* 3 *pour* $n = 6h+1$). — Si les trois nombres x_i ($i = 1, 2, 3$) étaient premiers avec 3, chacun serait de la forme $\varepsilon_i + 3^{\alpha_i}\lambda_i$, ε_i étant égal à ± 1, α_i étant un entier $\geqq 1$ et λ_i un entier premier avec 3. D'ailleurs, en vertu de l'équation (1), les trois nombres ε_i doivent avoir la même valeur ε. En substituant dans (1) ces expressions des nombres x_i et développant, on constate aussitôt que la quantité

$$(3\varepsilon + n\Sigma 3^{\alpha_i}\lambda_i)$$

doit être divisible par 3^2 au moins [2], la somme Σ s'étendant aux valeurs 1, 2, 3 de l'indice i.

---

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 502 et 563.

(2) Si l'on avait supposé $n = 3$, cette constatation aurait visiblement suffi à prouver que l'un des entiers x_i doit être divisible par 3.

Par suite, en tenant compte de ce que, par hypothèse, n est congru (mod 3) *à* 1, *on conclut que l'expression* $(\Sigma 3^{\alpha_i}\lambda_i)^2$ *est divisible par* 3^2 *et non par* 3^3.

D'autre part, l'équation (1) entraîne celle-ci : $\Sigma x_i^{3n} = 3x_1^n x_2^n x_3^n$. Si l'on y substitue de même les valeurs $x_i = \varepsilon + 3^{\alpha_i}\lambda_i$ et qu'on développe, on voit immédiatement que le nombre

$$\frac{(3n-1)}{2}(3^{2\alpha_1}\lambda_1^2 + 3^{2\alpha_2}\lambda_2^2 + 3^{2\alpha_3}\lambda_3^2) - n(3^{\alpha_2+\alpha_3}\lambda_2\lambda_3 + 3^{\alpha_3+\alpha_1}\lambda_3\lambda_1 + 3^{\alpha_1+\alpha_2}\lambda_1\lambda_2)$$

doit être divisible par 3^3 au moins. Il en est donc évidemment de même pour la quantité $\Sigma\lambda_i^2 3^{2\alpha_i} + 2n\Sigma\lambda_2\lambda_3 3^{\alpha_2+\alpha_3}$, qu'on peut encore écrire

$$(\Sigma\lambda_i 3^{\alpha_i})^2 + 2(n-1)\,\Sigma\lambda_2\lambda_3 3^{\alpha_2+\alpha_3}.$$

Or cela est impossible puisque le premier terme $(\Sigma\lambda_i 3^{\alpha_i})^2$ est, comme nous venons de le voir, divisible par 3^2 seulement, alors que le second terme $(6h\Sigma\lambda_2\lambda_3 3^{\alpha_2+\alpha_3})$ l'est par 3^3.

L'équation (1) *est donc bien impossible si l'un des nombres* x_1, x_2, x_3 *n'est pas divisible par* 3. C. Q. F. D.

2° *Démonstration du second théorème* (*Cas du diviseur* 5). — Si les trois entiers x_i ($i = 1, 2, 3$) étaient premiers avec 5, chacun d'eux serait congru (mod 5) à l'un des quatre nombres ± 1, ± 2. Donc nécessairement deux de ces nombres, soit x_2 et x_3, auraient ou leur somme ou leur différence divisible par 5. Ce ne peut pas être leur somme, sans quoi, en vertu de l'équation (1), x_1 devrait aussi être divisible par 5, contrairement à ce que nous venons de supposer. Par suite, 5 doit diviser $(x_2 - x_3)$; et (1) fournit alors la congruence

$$x_1^n + 2x_2^n \equiv 0 \pmod 5. \quad (2)$$

D'autre part, ε_1 et ε_2 étant égaux à ± 1, on a les congruences

$$x_1^2 \equiv \varepsilon_1, \qquad x_2^2 \equiv \varepsilon_2 \pmod 5.$$

Comme n est impair, il en résulte que la congruence (2) devient

$$\varepsilon_1 x_1 + 2\varepsilon_2 x_2 \equiv 0 \pmod 5. \quad (3)$$

Mais, en multipliant (2) par le produit $x_1 x_2$ (qui est premier avec 5), on obtient aussi

$$\varepsilon_1 x_2 + 2\varepsilon_2 x_1 \equiv 0 \pmod 5. \quad (4)$$

Or les congruences (3) et (4) sont manifestement incompatibles, en raison de l'hypothèse que x_1, x_2, x_3 sont premiers avec 5.

Par conséquent, l'équation (1) *est bien impossible si* 5 *ne divise pas l'un des trois nombres* x_1, x_2, x_3, C. Q. F. D.

3° *Conséquences des deux théorèmes précédents.* — Je me bornerai pour le moment à la remarque suivante : Dans le cas où les trois entiers x_1, x_2, x_3 sont supposés premiers avec l'exposant n (qui est un nombre premier impair arbitraire), on déduit des théorèmes précédents, en appliquant une proposition connue de M. Furtwängler, que *l'équation* (1) *est impossible si* $3^{n-1}-1$ *et* $5^{n-1}-1$ *ne sont pas divisibles par* n^2. *Nous retrouvons ainsi très simplement les deux remarquables critères de M. Mirimanoff et de M. Vandiver.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet à exposants linéairement indépendants.* Note de M. N. **Aronszajn**, présentée par M. Hadamard.

Nous allons donner une application du théorème général que nous avons démontré [1] concernant la distribution des valeurs des séries de Dirichlet à exposants linéairement indépendants.

A cet effet, nous introduirons des domaines du type M_α formant une généralisation des domaines définis par M. Mandelbrojt [2].

Soit $\mathcal{D}$ un domaine dans le plan de la variable $s=\sigma+it$, défini par l'inégalité $\sigma>\varphi(t)$, où $\varphi(t)$ est une fonction définie pour tout t réel, non négative, bornée et continue. Désignons par $r(t)$ la fonction périodique de période 2π, égale à

$$\sin^2\frac{t}{4} \qquad \text{pour } |t|\leqq\pi.$$

Le domaine D sera dit *du type* M_α $(\alpha>0)$, s'il existe un nombre positif $\beta<\alpha/2$ pour lequel il y a sur l'axe de t des intervalles I_n de longueurs croissant jusqu'à l'infini et une suite de nombres réels τ_n tels que

$$\varphi(t)<\beta r\left(\frac{t-\tau_n}{\alpha}\right)$$

pour t situé dans l'intervalle I_n.

On démontre, par une méthode due essentiellement à M. Mandelbrojt, qu'à un domaine du type M_α correspond toute suite d'exposants $\{\lambda_n\}$ telle

---

(1) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 335.

(2) Voir S. Mandelbrojt, *Bull. Soc. math.*, 60, 1932, p. 208.

qu'aucun des produits $\alpha(\lambda_i - \lambda_j)$, pour $i \neq j$, ne soit un nombre entier (¹).

Considérons maintenant une série de Dirichlet $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ à exposants linéairement indépendants admettant une abscisse de convergence absolue. Soient σ' un nombre réel et $I_k = (\delta'_k ; \delta''_k)$ les intervalles de l'axe des t (s'il y en a) tels que la fonction $f(s)$ est prolongeable de manière méromorphe dans chacune des bandes $\sigma > \sigma'$, $\delta'_k < t < \delta''_k$. Prenons ensuite trois nombres complexes différents v_1, v_2 et v_3, finis ou infinis, mais dont aucun n'est égal à a_0 (on admettra que la suite des λ_n commence par $\lambda_0 = 0$).

En utilisant les domaines du type M_α, on déduit facilement du théorème général mentionné plus haut la proposition suivante :

Soit α un nombre positif tel que $1/\alpha$ est linéairement indépendant de tous les λ_n. Dans ce cas, ou bien : 1° pour $\sigma > \sigma'$ on a

$$|f(s)| < \Sigma |a_n| e^{-\lambda_n \sigma'} \leqq \min |v_m|,$$

ou bien : 2° à tout $\varepsilon > 0$ correspond un entier $N(\varepsilon) > 0$ tel que pour tout groupe de $N(\varepsilon)$ nombres réels compris dans un même intervalle $I_k = (\delta'_k ; \delta''_k)$ et formant une progression arithmétique de raison $2\pi\alpha$, il existe au moins un zéro $s_0 = \sigma_0 + it_0$ d'une des fonctions $f(s) - v_m$ $(m = 1, 2, 3)$, dont l'ordonnée t_0 approche à ε près d'un des termes de la progression nommée.

Soit maintenant σ_a l'abscisse de convergence absolue de la série

$$f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}.$$

Posons $M = \Sigma |a_n| e^{-\lambda_n \sigma_a} \leqq \infty$. Pour chaque valeur v telle que $|v| < M$, désignons par $\sigma(v)$ le nombre σ satisfaisant à l'équation $|v| = \Sigma |a_n| e^{-\lambda_n \sigma}$.

En se basant sur la proposition précédente, on démontre :

THÉORÈME I. — *Hypothèses :* $|v| < M$, $1/\alpha$ *réel et indépendant des* λ_n, $\varepsilon > 0$.

CONCLUSION. — *Il existe un nombre $N = N(v, \alpha, \varepsilon)$ tel que, pour tout τ réel, on peut trouver un entier $N' \leqq N$ de sorte que le demi-cercle*

$$\left| s - [\sigma(v) + i(\tau + 2\pi\alpha N')] \right| < \varepsilon, \qquad \sigma \leqq \sigma(v)$$

renferme au moins un zéro de $f(s) - v$.

THÉORÈME II. — *Hypothèses :* $M < \infty$, $|v_m| \geqq M$ *pour* $m = 1, 2, 3$; $v_{m'} \neq v_{m''}$ *pour* $m' \neq m''$, $1/\alpha$ *réel et indépendant des* λ_n, $\varepsilon > 0$.

(¹) Pour la définition des suites correspondant à un domaine, voir la note (¹) citée page précédente.

CONCLUSION. — *Il existe un nombre* $N = N(\{v_m\}, \alpha, \varepsilon)$ *tel que, si la fonction* $f(s)$ *est méromorphe dans le rectangle* $\sigma_a - \varepsilon \leqq \sigma \leqq \sigma_a$, $\tau < t < \tau + 2\pi N\alpha$ *pour un* τ *réel, on peut trouver un entier* $N' < N$ *de sorte que le demi-cercle* $\sigma \leqq \sigma_a$, $\left| s - [\sigma_a + i(\tau + 2\pi\alpha N')] \right| < \varepsilon$ *renferme au moins un zéro d'une des fonctions* $f(s) - v_m$ $(m = 1, 2, 3)$.

Le théorème II ne présente d'intérêt que dans le cas où il existe sur la droite de convergence absolue des segments aussi grands que l'on veut sur lesquels $f(s)$ est méromorphe.

Tous nos raisonnements s'étendent sans difficulté aux fonctions analytiques presque périodiques, à condition que dans leur développement en série d'exponentielles ne figurent que des exposants λ_n non négatifs tels que lim. inf. $\lambda_n > 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations quasi linéaires du type elliptique à coefficients continus.* Note [1] de M. **JULES SCHAUDER**, présentée par M. Gaston Julia.

La solution u de l'équation linéaire du type elliptique

$$(1)\quad \begin{cases} Lu = a(x, y)\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2b(x, y)\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y} + c(x, y)\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f; \\ ac - b^2 > \Delta > 0, \qquad |a| + |b| + |c| \leqq M, \end{cases}$$

s'annulant sur la frontière d'un domaine convexe Ω, y admet, d'après M. S. Bernstein, l'évaluation [2]

$$\iint_\Omega (r^2 + s^2 + t^2)\,dx\,dy = K(M, \Delta)\iint_\Omega f^2\,dx\,dy.$$

D'où résulte aisément l'inégalité

$$(2)\quad \text{Max}\,|u| + \iint_\Omega [\Sigma(D_1 u)^2 + \Sigma(D_2 u)^2]\,dx\,dy \leqq K_1(M, \Delta)\iint_\Omega f^2\,dx\,dy.$$

LEMME. — *Étant donné une suite d'équations* $L_n u_n = f_n$ *à coefficients uniformément bornés et convergents en mesure respectivement vers* a, b, c, *tandis que* $\iint_\Omega (f_n - f)^2\,dx\,dy \to 0$, *on peut affirmer que les solutions* u_n

---

[1] Séance du 10 décembre 1934.

[2] Cf. J. SCHAUDER, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1366.

s'annulant sur la frontière de Ω convergent en moyenne dans Ω ainsi que leurs dérivées du premier et du second ordre vers une fonction limite u et ses dérivées. Cette fonction u remplit l'équation (1) *au sens précisé dans la Note citée* (*loc. cit.*).

Pour la démonstration, il suffit d'appliquer l'inégalité (2) à la formule (8) de la Note précédente (*loc. cit.*).

THÉORÈME. — *Soit :*

(3) $A(x, y, z, p, q)r + 2B(x, y, z, p, q)s + C(x, y, z, p, q)t = F(x, y, z, p, q)$

une équation quasi linéaire du type elliptique à coefficients continus et bornés [1] *pour toutes valeurs de x, y, z, p, q. Il existe alors une fonction z continue* [2] *vérifiant presque partout l'équation* (3) *avec des valeurs aux limites continues arbitrairement données* [3].

Démonstration. — On peut évidemment se borner au cas des valeurs aux limites nulles. Soit E l'ensemble de toutes fonctions z s'annulant sur la frontière, satisfaisant à la condition de Hölder avec l'exposant $1/2$, absolument continues sur presque toute droite $x = \text{const.}$ ou $y = \text{const.}$ et telles que

$$\int_\Omega\int \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 < \infty.$$

Il existe une fonction Z continue, nulle sur la frontière et vérifiant presque partout l'équation

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} &A(x, y, z, p, q)\frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + 2B(x, y, z, p, q)\frac{\partial^2 Z}{\partial x\,\partial y} \\ &\qquad + C(x, y, z, p, q)\frac{\partial^2 Z}{\partial y^2} = F(x, y, z, p, q).\end{aligned}\right.$$

En vertu du lemme précédent, Z est une opération fonctionnelle $Z = Z(z)$

(1) Petites modifications de nos prémisses, par exemple l'hypothèse

$$\frac{F^2}{AC - B^2} < K + o(z^2 + p^2 + q^2), \qquad \text{etc.}$$

ne produise aucun changement de la démonstration.

(2) Dans tout domaine fermé intérieur à Ω z satisfait à la condition de Hölder avec l'exposant $1/2$; une condition de Hölder étant vérifiée pour les valeurs aux limites z posséderait la même propriété aussi dans tout le domaine Ω (fermé). La norme $\|z\|^\Omega$ reste finie.

(3) Ce théorème est une généralisation d'un théorème antérieur concernant l'équation dans la forme normale $\Delta u = f$ (où f est supposée continue et bornée). Cf. J. SCHAUDER, *Math. Zeitschrift*, 26, 1927, p. 417-431.

définie [1] dans E et complètement continue. D'après (2) elle transforme en elle-même toute sphère située dans E et suffisamment grande. En se servant du théorème sur l'existence d'un point invariant [2] on établit l'existence d'un élément z tel que $Z(z) = z$; ce qui prouve notre théorème [[3] [4]].

Si les A, B, C ne contiennent pas les dérivées p, q et sont suffisamment réguliers, la solution que nous venons de trouver satisfait *partout* à l'équation (3). En effet, les fonctions obtenues en remplaçant dans A, B, C la variable z par la solution trouvée satisfont alors à la condition de Hölder.

THÉORIE DES FONCTIONS. *Sur la surface exceptionnelle d'un système de fonctions entières*. Note de M. **M. Ghermanesco**, transmise par M. Émile Borel.

1. J'ai montré [5] qu'à tout système de ν fonctions entières linéairement indépendantes se rattache une hypersurface dépendant des premiers coefficients des développements tayloriens des fonctions considérées, désignée par moi sous le nom de *surface exceptionnelle* du système de fonctions donné.

Je veux remarquer tout d'abord que la condition que les fonctions données soient linéairement indépendantes n'est pas essentielle pour que le résultat énoncé soit vrai : la différence s'y traduit seulement en ce que la surface est décomposable en plusieurs autres, dont le nombre sera déterminé dans un travail plus étendu. Tel est le cas des fonctions

$$(1) \qquad f_1(t) = 1 - e^z, \qquad f_2(z) = (c+d)e^z - (a+b), \qquad f_3(z) = ab - cde^z,$$

a, b, c, d étant des constantes. La surface exceptionnelle correspondante se compose des deux plans

$$\mu_1 - (c+d)\mu_2 + cd\mu_3 = 0, \qquad \mu_1 - (a+b)\mu_2 + ab\mu_3 = 0.$$

---

(1) Cet artifice a été déjà utilisé dans J. Leray et J. Schauder, *Annales de l'École Normale*, 51, 1934, p. 45-78; d'ailleurs en se servant de ce travail on pourrait donner d'autres généralisations de nos hypothèses.

(2) Nous employons la forme plus forte de ce théorème, Cf. J. Schauder, *Studia Mathematica*, 2, 1930, p. 170-179, Satz II.

(3) Il nous paraît improbable qu'on puisse obtenir ce théorème par les méthodes classiques, par exemple celles des approximations successives.

(4) Ce théorème s'étend sans peine à certains systèmes d'équations quasi linéaires.

(5) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 629.

dont le premier contient visiblement les deux points exceptionnels $(c^2, c, 1)$, $(d^2, d, 1)$ et le second les points $(a^2, a, 1)$, $(b^2, b, 1)$.

C'est notamment dans l'étude des valeurs exceptionnelles des fonctions algébroïdes qu'on est conduit à des combinaisons de fonctions non linéairement indépendantes, comme par exemple l'algébroïde définie par l'équation

$$(u-a)(u-b)-e^z(u-c)(u-d)=0,$$

qui conduit justement aux fonctions (1) et qui admet des valeurs exceptionnelles a, b, c, d [1].

2. Pour les fonctions méromorphes, c'est-à-dire pour les combinaisons de deux fonctions entières on a (Note citée) $\mu_0 = 0$ et la surface exceptionnelle correspondante se réduit à un faisceau de $(p+1)$ droites passant par l'origine (p étant l'ordre de la combinaison), que nous désignerons sous le nom de *faisceau exceptionnel* rattaché à une fonction méromorphe. Comme, d'après le théorème de M. Picard, une fonction méromorphe admet deux valeurs exceptionnelles finies au plus, il s'ensuit que :

A toute fonction méromorphe correspondent deux droites exceptionnelles au plus, faisant partie du faisceau exceptionnel correspondant.

Nous dirons que les droites du faisceau exceptionnel qui ne sont pas exceptionnelles sont des droites *quasi exceptionnelles*. Pour la fonction $\tang z$ les droites exceptionnelles sont les droites isotropes du plan $\mu_1^2 + \mu_2^2 = 0$.

3. Appelons, avec M. G. Calugareano, valeur exceptionnelle de rang m, toute valeur finie a, telle que l'équation $f(z) = a$ ait m zéros. Nous pouvons énoncer le résultat suivant qui contient le théorème principal donné dans la Note précédente :

Théorème. — *Les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction entière d'ordre fini p, $f(z)$, admette une valeur exceptionnelle a, de rang m, sont :*

a. Entre $(m+p+1)$ coefficients consécutifs du développement taylorien de $f(z)$, on doit avoir une relation de récurrence de la forme

$$\text{(A)}\quad (n+1)\mu_0 c_{n+1} + \overline{n\mu_1 - \nu_0}\, c_n + \overline{(n-1)\mu_2 - \nu_1}\, c_{n-1} + \dots$$
$$+ \overline{(n-m+1)\mu_m - \nu_{m-1}}\, c_{n-m+1} - \nu_m c_{n-m} - \nu_{m+1} c_{n-m-1} - \dots$$
$$- \nu_{m+p-1} c_{n-m-p+1} = 0 \qquad (n \geqq m+p).$$

b. Entre les $(m+p+1)$ coefficients du même développement, on doit avoir

---

(1) Je dois cet exemple à M. P. Montel.

les relations

$$\text{(B)}\qquad \begin{aligned} &\nu_0 c_i + \nu_1 c_{i-1} + \ldots + \nu_i c_0 \\ &\quad = (i+1)\mu_0 c_{i+1} + i\mu_1 c_i + (i-1)\mu_2 c_{i-1} + \ldots + \mu_i c_1 + a\nu_i \\ &\qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, m+p-1). \end{aligned}$$

Dans ces relations, $\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_{p-1}, \mu_0, \mu_1, \ldots, \mu_m$ *désignent des constantes bien déterminées, telles que*

$$\nu_k = (k+1)\mu_{k+1} + \sum_{i=0}^{p-1} \lambda_i \mu_{k-i}.$$

Pour les extensions de ce théorème aux combinaisons de fonctions entières on pourra consulter le Mémoire que je ferai paraître bientôt.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques points de la théorie des fonctions.* Note de M. **Silvio Minetti**, présentée par M. Gaston Julia.

Je donne ici certains résultats concernant la théorie des fonctions, obtenus par l'emploi d'une inégalité fondamentale de sens opposé à celui des inégalités utilisées généralement dans les recherches modernes de la théorie des fonctions [1].

En prenant pour point de départ la formule bien connue

$$f(\xi) = i\mathrm{V}_0 + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \mathrm{U}(\psi)\frac{z+\xi}{z-\xi}\,d\psi \qquad (z = e^{i\psi},\ \xi = \rho e^{i\varphi}),$$

où $f(z)$ est une fonction holomorphe à l'intérieur du cercle unité $\mathcal{C}$ et continue dans $\mathcal{C} + \mathcal{C}'$; $\mathrm{V}_0 = \mathrm{V}(0, 0)$ la valeur à l'origine de sa partie imaginaire $\mathrm{V}(x, y)$; $\mathrm{U}(\psi)$ les valeurs que sa partie réelle acquiert au contour

---

(1) Je dois à M. Valiron des indications bibliographiques d'où semble résulter qu'on n'a jamais employé l'inégalité de l'Observation 1, ci-dessous, qui joue ici un rôle tout à fait fondamental. On peut en particulier consulter les Mémoires suivants : Valiron, *Bull. Sc. Math.*, 52, 1928, p. 289; Littlewood, *Proceedings of the London Math. Soc.*, 2e série, 23, Part 7, p. 481-519; Jeusen, *D. Kgl. Danske Vidensk Selsk. Skrifter, Naturv. og Mathematisk Afd.*, 8 Raekke, II 3, Kobenhavn 1916, traduit en anglais dans les *Annals of Mathematics*, 21, no 1, septembre 1919, p. 27; etc. M. Valiron m'a fait remarquer aussi que la méthode de M. Littlewood pourrait conduire à des inégalités plus précises que celles que je donne ici; mais cela sans aucune importance pour le but que je me propose.

de $\mathcal{C}$; je parviens aisément à la relation

$$(1)\qquad V(\rho, \varphi) = V_0 - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} U(\psi)\frac{2d}{r^2}\,d\psi,$$

où $V(\rho, \varphi) = V(x, y)$ si $x = \rho\cos\varphi$, $y = \rho\sin\varphi$, $(\rho < 1)$; $d = \rho\sin(\psi - \varphi)$ et $r^2 = 1 + \rho^2 - 2\rho\cos(\psi - \varphi)$.

On peut alors déduire de cette formule les propositions suivantes :

I. *La condition nécessaire et suffisante pour que,* $U(\psi)$ *et* $V(\psi)$ *étant deux fonctions continues et périodiques de* ψ [1] *dans l'intervalle* 0-2π, *l'expression* $U + iV$ *représente les valeurs qu'une fonction* $f(z)$, *holomorphe à l'intérieur de* $\mathcal{C}$ *et continue dans ce cercle fermé, acquiert au contour de* $\mathcal{C}$, *est que soit satisfaite la condition*

$$(2)\qquad \int_0^{2\pi}\left\{U(\psi)\frac{2d}{r^2} + V(\psi)\frac{1-\rho^2}{r^2}\right\}d\psi = \text{const.}$$

II. *En supposant que* $|\mathcal{R}f(z)| < A$ [2] *pour* $|z| < 1$, *pour tout point* $\xi = \rho e^{i\varphi}$ *intérieur au cercle unité, on a la double inégalité*

$$(3)\qquad |V_0| - \frac{2A}{\pi}\log\frac{1+\rho}{1-\rho} < |V(\rho, \varphi)| < |V_0| + \frac{2A}{\pi}\log\frac{1+\rho}{1-\rho} \quad [3],$$

où l'inégalité de gauche garde un sens non banal, si $V_0 \neq 0$, *lorsque*

$$(4)\qquad \rho < \frac{e^{\frac{\pi|V_0|}{2A}} - 1}{e^{\frac{\pi|V_0|}{2A}} + 1}.$$

Observation 1. — L'inégalité de gauche peut être établie aussi dans le cas où l'on considère un domaine, par exemple circulaire, ayant pour centre, au lieu de l'origine, un point quelconque a intérieur au cercle unité; dans ce cas on trouve

$$(5)\qquad |V(\rho, \varphi)| > |V_a| - \frac{2A}{\pi}\log\frac{R+\rho}{R-\rho},$$

R étant le rayon d'un cercle $\mathcal{C}_{a,R}$ intérieur au cercle unité, centre le point a; elle garde

---

(1) On ne suppose pas, bien entendu, que les fonctions $U(\psi)$, $V(\psi)$ soient dérivables.

(2) $\mathcal{R}f(z)$ désigne la partie réelle de $f(z)$.

(3) L'inégalité de droite contient comme cas particulier la bien connue inégalité de Carathéodory; il est bon de remarquer que les deux choses d'ailleurs ne sont pas équivalentes.

un sens non banal, si $V_a \neq 0$, lorsque

$$\rho < R \frac{e^{\frac{\pi |V_a|}{2A}} - 1}{e^{\frac{\pi |V_a|}{2A}} + 1}, \tag{6}$$

ρ et φ étant maintenant les coordonnées polaires d'un point $\mathcal{C}_{a,R}$ rapportées à un système d'axes qui ont l'origine au point a, et V_a désignant la valeur de $V(x, y)$ au point a.

Observation 2. — En toutes ces inégalités où peut intervenir le rôle des parties réelle et imaginaire U et V de la fonction envisagée.

III. *Si* $f(z) = U + iV$ *est holomorphe à l'intérieur du cercle unité, si pour* $|z| < 1$ *on a* $|U| < A$, $|V| < B$, *alors si* $U_0 \neq 0$, $f(z)$ *ne peut pas s'annuler à l'intérieur du cercle* $\mathcal{C}_{\rho,B}$ *centre à l'origine et de rayon*

$$\rho < \frac{e^{\frac{\pi |U_0|}{2B}} - 1}{e^{\frac{\pi |U_0|}{2B}} + 1}, \tag{7}$$

si, au contraire, $V_0 \neq 0$, $f(z)$ *ne peut pas s'annuler à l'intérieur de celui* $\mathcal{C}_{\rho,A}$ *de même centre et dont le rayon* ρ *vérifie* (4).

IV. *Sous les mêmes conditions que précédemment et si* $\alpha + i\beta$ *est telle que*

$$\text{borne sup. } |U - \alpha| \text{ pour } |z| < 1 \leqq \text{borne sup. } |U| \text{ pour } |z| < 1$$

et aussi $|V_0 - \beta| \geqq |V_0|$, *à l'intérieur du cercle* $\mathcal{C}_{\rho,A}$ *la fonction* $f(z)$ *ne pourra jamais prendre aucune valeur du type* $\alpha + i\beta$.

Même conclusion par rapport au cercle $\mathcal{C}_{\rho,B}$ *en intervertissant le rôle de* U *et* V.

De ces résultats on peut faire découler un nouveau criterium de normalité d'une famille de fonctions analytiques, que je vais donner dans une Note prochaine.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les systèmes mécaniques dans lesquels les paramètres sont fonctions du temps.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Considérons un système mécanique holonome, soient $q_1, q_2, \ldots, q_n$ les coordonnées, $p_1, p_2, \ldots, p_n$ leurs moments conjugués et $H(q, p, a)$ la fonction hamiltonienne; H ne dépend pas explicitement du temps, mais dépend de r paramètres $a_1, a_2, \ldots, a_r$ (masses, longueurs et moments d'inertie des éléments du système, coefficients intervenant dans certaines forces, etc.). Il arrive dans de nombreuses applications astronomiques que

l'on cherche le mouvement du système lorsque les paramètres a varient en fonction du temps.

Je me suis proposé d'établir quelques propriétés générales de ces mouvements.

2. Appelons mouvement élémentaire le mouvement du système lorsque les a sont constants, dans ce mouvement les q_i et p_i s'expriment par les formules

$$(1)\qquad \begin{cases} q_i = f_i(t, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n}, a_1, a_2, \ldots, a_r), \\ p_i = g_i(t, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n}, a_1, a_2, \ldots, a_r), \end{cases}$$

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n}$ sont $2n$ constantes.

Lorsque les a sont variables on peut représenter le mouvement par les formules (1) où les α_i sont des fonctions du temps.

Ces fonctions sont définies par le système

$$(2)\qquad \sum_{k=1}^{2n}[\alpha_j, \alpha_k]\frac{d\alpha_k}{dt} + \sum_{s=1}^{r}[\alpha_j, a_s]\frac{da_s}{dt} = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, 2n),$$

où les $[\alpha_j, \alpha_k]$ sont les crochets classiques de Lagrange et où les $[\alpha_j, a_s]$ sont de nouveaux crochets définis par des formules analogues.

3. L'intégration du système (2), par approximations successives, serait pratiquement impossible dans presque toutes les applications, si l'on n'introduisait le changement de variables suivant :

Il arrive que les q_i dépendent de certaines constantes (par exemple de α_1) par l'intermédiaire d'expressions telles que

$$u = \nu t + \alpha_1.$$

où ν est fonction des a et des α autres que α_1.

On démontre dans ce cas que le système (2) conserve la même forme si l'on considère ν comme une constante indépendante des α et des a et si l'on substitue à α_1 la variable α'_1 définie par

$$\frac{d\alpha'_1}{dt} = \frac{d\alpha_1}{dt} + t\frac{d\nu}{dt}.$$

4. Le système (2), où l'on considère les α comme fonction des a, est complètement intégrable dans deux cas importants.

Le premier cas est celui d'une variation adiabatique des a. On remplace les $[\alpha_j, a_s]$ (qui dépendent de t) par leurs moyennes; si l'on pose

$$\omega_j = \sum_{k=1}^{n}[\alpha_j \alpha_k]\,d\alpha_k + \sum_{s=1}^{r}[\alpha_k a_s]\,da_s,$$

on vérifie que

$$(\omega_j)' = -\sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \omega_i}{\partial \alpha_j} d\alpha_i,$$

on a donc bien

$$\omega'_j = 0 \qquad (\mathrm{mod}\, \omega_i).$$

Le second cas est celui où, la variation des a étant quelconque, l'énergie du système reste constante (ceci arrive si le système est isolé); les $[\alpha_k a_s]$ dépendent du temps, mais

$$(\omega_j)' = -\sum \frac{\partial \omega_i}{\partial \alpha_j} d\alpha_i + dt \frac{\partial}{\partial \alpha_j}(d_a \mathrm{H}),$$

comme $d_a\mathrm{H} = 0$, on a encore

$$(\omega_j)' = 0 \qquad (\mathrm{mod}\, \omega_i).$$

Dans ces deux cas, on a le résultat suivant : l'état final de mouvement élémentaire du système ne dépend que de son état initial et des valeurs initiales et finales des a.

5. Le système (2) prend une forme très simple lorsque l'on connait une intégrale complète S de l'équation de Jacobi. En désignant par $\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_p$, $\gamma_1, \ldots, \gamma_p$ les constantes conjuguées définies par S, le système (2) s'écrit

$$\frac{d\gamma_i}{dt} = \sum_{k=1}^{r} \frac{\partial^2 \mathrm{S}}{\partial \varepsilon_i \, \partial a_k} \frac{da_k}{dt},$$

$$\frac{d\varepsilon_i}{dt} = -\sum_{k=1}^{r} \frac{\partial^2 \mathrm{S}}{\partial \gamma_i \, \partial a_k} \frac{da_k}{dt}.$$

Si en particulier, le système est à variables séparées et non dégénéré, et si l'on prend pour les γ les modules de périodicité, les ε sont les longitudes moyennes de l'époque o des variables angulaires $u_i = \nu_i t + \varepsilon_i$, conjuguées des γ.

Pour une variation adiabatique d'un tel système les γ restent constants (on retrouve ainsi les n invariants adiabatiques de Burgers) et les ε aussi; en sorte que la variation adiabatique du système s'obtient en remplaçant dans les formules du mouvement élémentaire, les u_i par les quantités

$$u_i = \text{const.} + \int \nu_i \, dt.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les configurations hydrodynamiques stables qui comportent des surfaces de discontinuité pour les densités.* Note [1] de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons obtenu [2] certains résultats locaux valables dans le voisinage immédiat des surfaces de discontinuité relativement à la densité des fluides en mouvement.

Nous nous proposons de montrer comment on peut, de chaque résultat local, déduire des propriétés du mouvement et des potentiels qui restent valables dans leurs domaines d'existence tout entiers. A cet effet, nous définirons les différents points d'une section du domaine fluide (section par le plan $x_3 = h$) au moyen de leurs coordonnées isotropes z et z'. Nous désignerons par $H(u) = z$ la fonction analytique qui définit pour les valeurs réelles de u de module inférieur à l'unité la section L de la surface de discontinuité par le plan x_3 considéré. Pour les valeurs imaginaires de u de module inférieur à 1, les fonctions conjuguées $H(u)$ et $H'(u)$ définissent deux points M d'affixe z et μ d'affixe ζ qui sont images l'un de l'autre par rapport à la section L. La correspondance entre ces deux points sera définie par $\zeta = \zeta(z)$, et si l'on pose $G(u) = H(u) + H'(u)$, on pourra écrire $u = G_{-1}[z + \zeta(z)]$. Si ces relations font correspondre à chaque valeur de z n valeurs distinctes de ζ, nous considérerons la surface de Riemann Σ constituée par n feuillets plans superposés se raccordant le long des lignes qui joignent deux à deux les points critiques de la section L_0. La section S_0 de S sera supposée tracée, ainsi que L_0 sur l'un des feuillets $\mathcal{F}_1$ de cette surface, et le champ hydrodynamique correspondra aux différents points de ce feuillet situés à l'intérieur de certains domaines parfaitement définis. Deux points de la surface de Riemann Σ seront dits associés si leurs projections sur le plan simple sont images l'un de l'autre par rapport à L_0, et si les points eux-mêmes viennent en coïncidence lorsque leurs images sont confondues. Ceci posé, nous définissons trois fonctions analytiques en z

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1753. Les notations de la présente Note sont définies dans cette Communication.

dans l'un des domaines D_1 ou D_2 (*loc. cit.*) au moyen des relations

$$(1) \qquad 2\Omega_{11}(x_1, x_2) = -\left[\frac{z\zeta}{2} + U_{11}(z)\right] - \left[\frac{z'\zeta'}{2} + U'_{11}(z)\right],$$

$$(2) \qquad 2\Omega_{12}(x_1, x_2) = -[U_{12}(z) + U'_{12}(z)],$$

$$(3) \qquad 2\Omega_{21}(x_1, x_2) = -\left[\frac{z\zeta}{2} + U_{21}(z)\right] - \left[\frac{z'\zeta'}{2} + U'_{21}(z)\right].$$

Les fonctions $U_{12}(z)$ et $U_{11}(z)$ ne sont définies que pour les points de la forme $\overrightarrow{M}(L) - r\vec{s}_2[M(L)]$, où r est une quantité positive de module suffisamment petit. Au contraire la fonction $U_{21}(z)$ n'est définie que pour les points $\overrightarrow{M}(L) + r\vec{s}_2[M(L)]$ mais certaines propriétés des points associés sur la surface de Riemann Σ vont nous permettre de les prolonger à travers la section L_0. Nous démontrons en effet un groupe de six formules analogues à la suivante :

$$(4) \qquad U'_{11}(\zeta) = -U_{11}[z(\zeta)]$$

qui permettent de réaliser ce prolongement. Si nous supposons maintenant que le point M se déplace sur un arc de la courbe L_0, le point associé μ décrira le même arc de courbe et les résultats précédents montrent l'existence d'une série de relations entre les fonctions H, H' et U_{ij} parmi lesquelles nous extrairons les relations :

$$(5) \qquad U_{11}[M(L)] = -\frac{1}{2}H(u).H'(u),$$

$$(6) \qquad \nabla\Omega_{11} = \frac{1}{4}\left[H^2(u)\frac{dH'}{dH} + H'^2(u)\frac{dH}{dH'} + 2H(U)H'(u) - \frac{dH}{dH'}\left(\frac{dU_{11}}{dz}\right)^2\right],$$

$$(7) \qquad \nabla(\Omega_{11}|\Omega_{12}) = dU_{11}\frac{dU_{12}}{dz^2}\left[\frac{dH}{dH'}\right]^2.$$

Ces relations nous permettent de définir un élément de chacune des fonctions U_{11}, U_{12} et U_{21} et de relier ces fonctions aux valeurs que prend le potentiel U sur la surface de discontinuité. Ces résultats étant acquis nous supposerons que le point M décrive un chemin quelconque l partant d'un point de L pour aboutir à un point intérieur au domaine D_1. Dans ces conditions le point associé décrit un chemin λ tracé sur le même feuillet, tout au moins si le point M reste assez voisin de L. On peut alors utiliser les propriétés des points associés poursuivre le long des chemins l et λ les prolongements analytiques des diverses fonctions introduites au cours des calculs précédents, et pour déduire de chaque résultat local un résultat valable dans tout le domaine d'existence de ces fonctions. On démontre

ainsi en particulier le système de relations différentielles (cf. la Note citée plus haut) :

$$(8) \qquad \rho_1 \mathrm{U}_{11}(z) - \rho_2 \mathrm{U}_{21}(z) + i(\rho_2 - \rho_1)\, h_5 \{ \mathrm{G}_{-1}[z + \zeta(z)] \} = 0,$$

$$(9) \qquad \rho_1 \mathrm{U}_{12}(z) + i(\rho_2 - \rho_1)\, h_6 \{ \mathrm{G}_{-1}[z + \zeta(z)] \} = 0,$$

$$(10) \qquad \rho_2 \left[\frac{d\mathrm{U}_{21}}{dz} + \frac{z}{2} \frac{d\zeta}{dz} - \frac{\zeta}{2} \right]^2 - \rho_1 \left[\frac{d\mathrm{U}_{11}}{dz} + \frac{z}{2} \frac{d\zeta}{dz} - \frac{\zeta}{2} \right]^2$$
$$= 2(\rho_1 - \rho_2) \frac{d\zeta}{dz} h_2 \{ \mathrm{G}_{(-1)}[z + \zeta(z)] \} + (\rho_1 - \rho_2)\, z\zeta \frac{d\zeta}{dz}.$$

$$(11) \qquad \left[\frac{d\mathrm{U}_{12}}{dz} \right]^2 = - \frac{d\zeta}{dz} \frac{2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1} h_4 \{ \mathrm{G}_{(-1)}[z + \zeta(z)] \},$$

$$(12) \qquad \frac{d\mathrm{U}_{12}}{dz} \left[\frac{\zeta}{2} \frac{dz}{d\zeta} - \frac{z}{2} - \frac{d\mathrm{U}_{11}}{dz} \left(\frac{dz}{d\zeta} \right)^2 \right] = 2 \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} h_3 \{ \mathrm{G}_{(-1)}[z + \zeta(z)] \}.$$

L'étude des fonctions U à l'intérieur du domaine D se réduit donc : 1° à l'étude de la correspondance entre les points associés relatifs à une surface de Riemann déterminée; 2° à l'étude du système différentiel (8 — 12). En particulier la liaison qui existe entre le champ hydrodynamique et la fonction U_{21} montre que cette fonction est une fonction de z uniforme et régulière dans toute la portion du plan x_3 intérieur à L. L'étude de la fonction ζ donne dans ces conditions les points singuliers de cette fonction U_{21} prolongée dans le plan z tout entier par le processus indiqué et ceci nous fournit l'expression explicite de cette fonction. Des résultats analogues en principe, mais d'une application moins aisée, sont valables pour les fonctions U_{11} et U_{12}. On obtient ainsi certaines propriétés des mouvements du milieu continu qui sont valables pour tous les points intérieurs à ce milieu.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *La détonation dans les moteurs à injection.* Note (¹) de MM. **Marius Aubert**, **Pierre Clerget** et **Roger Duchêne**, présentée par M. Émile Jouguet.

M. Clerget (²) a signalé les avantages qui résultent de l'emploi de deux injections simultanées de gasoil et d'éthanol dans les moteurs à huile lourde. Entre autres avantages, il indiquait « un fonctionnement sans choc et une augmentation de puissance ».

(¹) Séance du 10 décembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1645.

Pour analyser ce phénomène nous avons cherché à enregistrer l'évolution de la flamme par un dispositif analogue à celui que nous avions réalisé pour l'étude des combustions amorcées par l'étincelle électrique [1].

De l'air est comprimé adiabatiquement dans une chambre d'explosion cylindrique de 100^{mm} de longueur et de 33^{mm} de diamètre; une fenêtre étroite, obturée par un verre épais, est disposée suivant une génératrice. Un chauffage électrique permet d'élever la température de l'ensemble de l'appareil de façon à rendre l'inflammation possible sans qu'il soit besoin de réaliser un taux de compression supérieur à 10. L'injection se fait suivant l'axe de la chambre au moyen d'un petit injecteur placé en bout du cylindre. Il est simple ou double suivant que l'on désire injecter un seul carburant ou simultanément le carburant et un adjuvant. L'injection est commandée par l'enfoncement du piston au moyen de cames et d'une tringlerie; la durée et l'instant de l'injection peuvent être choisis à volonté. Lorsque l'on utilise deux injections elles peuvent être simultanées ou décalées l'une par rapport à l'autre. Les orifices d'injection ont $0^{mm},2$ de diamètre. La propagation de la flamme s'enregistre à partir de sa naissance sur un film tournant à la vitesse de 25^{m} par seconde. Sur le même film on inscrit au moyen d'étincelles électriques les instants de début et de fin de l'injection ce qui permet d'étudier le retard à l'inflammation.

Les enregistrements obtenus diffèrent suivant la température initiale de la chambre, l'avance à l'injection, la quantité injectée, etc. Pour fixer les idées nous indiquerons que pour une température de la chambre de 130°, une durée d'injection de 1 milliseconde avec une avance linéaire de $19\text{-}25^{mm}$ sur une course de 159^{mm}, le gasoil offre un retard à l'inflammation de 3 à 4 millisecondes. La flamme dure un temps du même ordre. L'observation de la vitesse de propagation de la flamme permet de relever deux catégories d'explosion bien différentes; les explosions normales et celles qui sont accompagnées d'une onde de choc. La première catégorie comprend des flammes qui se propagent à la vitesse de quelques mètres (10 à 20^{m}) depuis leur naissance jusqu'aux extrémités de la chambre. La durée totale de la flamme atteint 4 à 5 millisecondes et quelquefois davantage.

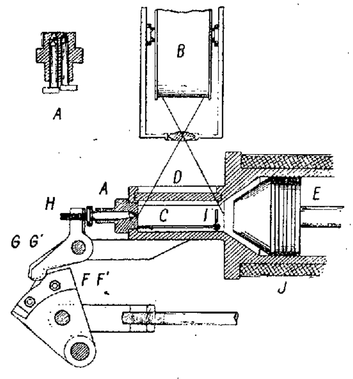
Dans la seconde catégorie, la flamme semble s'établir instantanément dans toute la chambre; s'il y a propagation préalable à faible vitesse, ce n'est que pour un temps très court. La vivacité de la combustion détermine une augmentation si brutale de pression qu'une onde de choc prend naissance et se propage de nombreuses fois d'un bout à l'autre de la chambre avec une vitesse de l'ordre de 1000^{m} par seconde. La durée de la flamme, moindre que dans la catégorie précédente, est de l'ordre de 2 millisecondes. En

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1633.

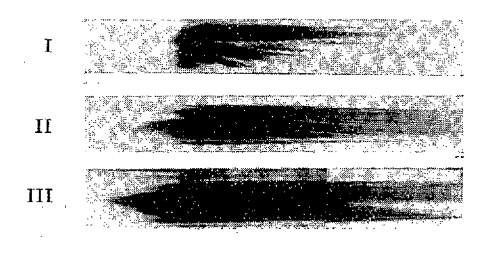
somme, les combustions par injection se développent d'une façon analogue aux combustions par étincelle ; il y a soit combustion normale, soit combustion très vive, dite détonation.

Comme on peut déterminer à volonté des combustions qui se développent avec onde de choc, il est possible d'étudier l'influence des corps qui, soit par addition au gasoil en simple injection, soit par double injection, peuvent amener sa disparition ou son atténuation.

C'est ainsi que nous avons étudié l'influence de l'éthanol ; ce corps, très



A, injecteur ; B, tambour tournant ; C, chambre ; E, piston ; FF', cames ; GG', culbuteur ; H, réglage ; I, déflecteur ; J, résistance chauffante.



Dans les mêmes conditions expérimentales : I, gas oil seul ; II, gas oil (injection principale) + alcool (injection moitié de la principale) ; III, gasoil + gasoil additionné de 10 pour 100 d'aldéhyde benzoïque.

peu soluble dans le gasoil, n'a pu être employé qu'en double injection. Après avoir constaté, la température de la chambre étant maintenue à 130°, qu'une double injection de gasoil donne un enregistrement barré par les stries de l'onde de choc, c'est-à-dire qui présente le caractère qu'on est convenu d'appeler détonant, il suffit de remplacer la charge de l'un des injecteurs par une égale charge d'alcool pour constater l'influence absolument indiscutable de ce corps. La flamme dans le second essai se développe de façon parfaitement progressive et la fumée d'échappement de noire devient blanche. Une injection d'alcool égale en volume à la moitié de l'injection de gasoil suffit à produire cet effet salutaire. Cette propriété ne paraît pas particulière à l'alcool éthylique, nous avons constaté un phénomène analogue avec l'alcool benzylique utilisé également en double injection.

L'aldéhyde benzoïque présente des propriétés « antidétonantes » plus importantes encore ; il suffit d'une double injection de ce corps bien moins importante que l'injection principale pour rendre au développement de la

flamme son aspect normal. Mieux encore, l'aldéhyde benzoïque étant soluble en toutes proportions dans le gasoil, il a suffi d'utiliser un mélange de gasoil et de 10 pour 100 d'aldéhyde dans un des injecteurs pour modifier la combustion.

Ces constatations, et d'autres que la place ne nous permet pas d'exposer ici, nous ont amenés à considérer que, pour éviter la détonation, il paraît nécessaire d'offrir à l'oxygène des corps susceptibles de le fixer facilement, comme les métaux divisés, les alcools, les aldéhydes, un excès de combustible; on évite ainsi la formation de ces peroxydes qui semblent bien se comporter comme de véritables détonateurs dans les mélanges d'air carburé.

ASTRONOMIE. — *Sur un nouvel instrument des passages.* Note (¹) de M. **André Danjon**, présentée par M. Ernest Esclangon.

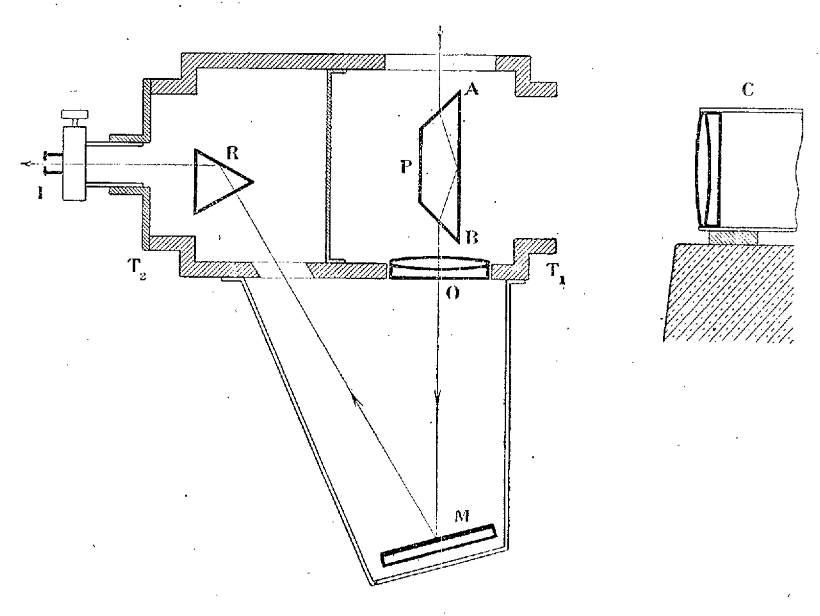
L'expérience a montré que le méridien instrumental de l'instrument des passages, défini par les liaisons géométriques de son axe de rotation, devrait, pour de multiples raisons, être soumis à un contrôle optique permanent. En effet, il est déterminé avec une précision nettement inférieure à celle avec laquelle on observe le passage des étoiles au fil moyen.

Je me suis proposé d'établir un appareil d'un type nouveau, qui ne comporte plus aucune liaison géométrique essentielle, mais dont le méridien instrumental soit défini par une méthode optique. Orientons un miroir plan dans le méridien du lieu : les étoiles et leur image coïncident à l'instant de leur passage dans le plan du miroir. Une lunette d'observation, qui peut être munie d'un micromètre impersonnel, permet de déterminer l'heure de la coïncidence. Une seconde lunette, fixe, munie d'un micromètre à deux fils rectangulaires, et dont l'axe est normal au méridien, sert à déterminer par autocollimation la direction du plan du miroir, et à la rapporter à des repères terrestres : soit à la verticale au moyen du bain de mercure, soit à un repère d'azimut constitué par une mire lointaine.

Le miroir plan ne recueillerait pas de lumière; on lui substitue un prisme à réversion de Wollaston. La figure représente la disposition de l'instrument, qui est en service depuis quelques mois à l'Observatoire de Strasbourg. L'axe de la lunette d'observation est brisé par un miroir M et par un prisme équilatéral R; le micromètre impersonnel est placé en I. Le

(¹) Séance du 10 décembre 1934.

prisme réverseur P recouvre seulement la partie centrale de l'objectif O. On voit deux images de l'étoile qui se déplacent en sens inverses et qui se croisent au moment du passage. On les suit avec le fil mobile, l'une avant, l'autre après la coïncidence; des heures enregistrées, on déduit aisément l'instant de la coïncidence. Une fourche très stable, non figurée, supporte l'instrument par l'intermédiaire de deux gros tourillons creux, T_1 et T_2.



Étant destinés à asseoir l'appareil, mais non à lui imposer une orientation géométriquement déterminée, ils ont été très sommairement travaillés.

La lunette fixe C est pointée vers la face hypoténuse du prisme, qui est argentée. La section droite de celui-ci n'étant pas rigoureusement isocèle, le miroir plan, équivalent au prisme pour la lumière qui le traverse, fait un petit angle c avec la face hypoténuse : c'est la collimation du prisme; on la mesure par une méthode de retournement, en échangeant les faces d'entrée et de sortie. Si l'on fait cette mesure à l'aide du bain de mercure, on obtient en outre l'inclinaison de l'axe optique de la lunette fixe C; si l'on emploie la mire, on rapporte l'azimut de ce même axe à celui de la mire. L'identité des valeurs de la collimation obtenues à l'aide du bain de mercure et de la mire, pour des positions rectangulaires de la section droite du prisme P, fournit le meilleur critère de la méthode. On trouve en effet que le prisme est indéformable, à la précision du millième de seconde de temps. Il constitue donc une solide référence beaucoup plus fidèle que le corps d'un ins-

trument des passages ordinaires. En outre, ses constantes peuvent être mesurées avec toute la précision compatible avec le pouvoir de résolution des lunettes O et C; elles sont donc connues avec le même degré d'approximation que l'heure des passages, condition qui n'est nullement satisfaite dans le cas de la lunette méridienne.

La correction de pendule déterminée à l'aide du nouvel instrument est indépendante de la distance zénithale des étoiles observées. Les corrections fournies par les étoiles zénithales et équatoriales n'offrent pas cet écart systématique de quelques centièmes de seconde que l'on note habituellement avec les instruments du type courant. Voici les différences E-Z relatives à 4 soirées du mois de juillet dernier :

$+0^{s},003 \quad -0^{s},010 \quad 0^{s},000 \quad 0^{s},006$

La différence de longitude Paris-Strasbourg a été calculée à partir des corrections de pendule déterminées d'une part avec le nouvel instrument, d'autre part à l'aide des signaux de la Tour Eiffel, dont les heures demi-définitives ont été communiquées par le Bureau international de l'Heure. Voici les corrections trouvées pour la longitude admise :

1934.	s
Octobre 25	+0,010
» 27 (1)	−0,004
» 27 (2)	−0,002
» 31	+0,003
Novembre 1	−0,009
» 2	+0,008

Ces résultats sont d'autant plus satisfaisants qu'ils ont été obtenus avec une lunette d'observation de petite dimension (ouverture, 6^{cm}; distance focale, 78^{cm}), munie d'un micromètre impersonnel assez primitif, entraîné à la main. A cette échelle, l'instrument ne peut guère servir qu'à la détermination de l'heure. Il y aurait intérêt à construire un instrument de 12^{cm} d'ouverture, muni des perfectionnements que suggère la pratique, et dont l'étude permettrait de décider s'il y a lieu de dépasser cette dimension, en vue de la détermination des ascensions droites fondamentales.

PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE. — *Photométrie stellaire photographique par la méthode de Ch. Fabry*. Note (¹) de M. **H. Grouiller**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. La plupart des travaux de photométrie stellaire photographique ont été effectués sur des photographies directes des astres tirées au foyer des instruments astronomiques (méthodes des images focales) ou un peu en dehors (photométrie extrafocale). Mais dans l'un ou l'autre cas la précision est limitée par le défaut d'uniformité des images à mesurer.

La méthode imaginée dès 1910 par M. Ch. Fabry (²) et relativement peu utilisée depuis en photométrie stellaire (³) permet d'éviter cet inconvénient. On place un peu en arrière du plan focal de l'objectif de l'instrument employé une petite chambre photographique de très court foyer qui donne sur la plaque une image de cet objectif. Un diaphragme dans le plan focal limite la région utile du ciel. On obtient sur le cliché un disque circulaire à bord très net et à densité très uniforme. L'éclairement de la plaque dépend du rapport des surfaces de l'objectif et de son image, c'est-à-dire du carré des distances focales de la lunette et de la petite chambre photographique. Les objectifs à très long foyer sont avantageux et l'on peut les utiliser même si leurs qualités optiques sont médiocres. Un autre avantage de la méthode, c'est de permettre le rapprochement étroit, sur le cliché, des plages des étoiles à comparer, plages obtenues dans les mêmes conditions optiques. Le seul inconvénient important est d'exiger des poses successives pour les astres à comparer.

2. Un dispositif de ce genre a été installé sur l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon (ouverture, 32^{cm}; longueur focale, 780^{cm}). Toutefois, pour des raisons de rapidité de manœuvre, la chambre à court foyer est montée derrière l'oculaire utilisé pour la mise en place des astres (grossissement, 75). C'est donc en réalité le cercle oculaire de la lunette qui est projeté sur la plaque.

L'étalonnage de chaque cliché est effectué en plaçant contre la plaque un coin absorbant de gélatine, à peu près neutre et en éclairant avec une lampe à filament de tungstène.

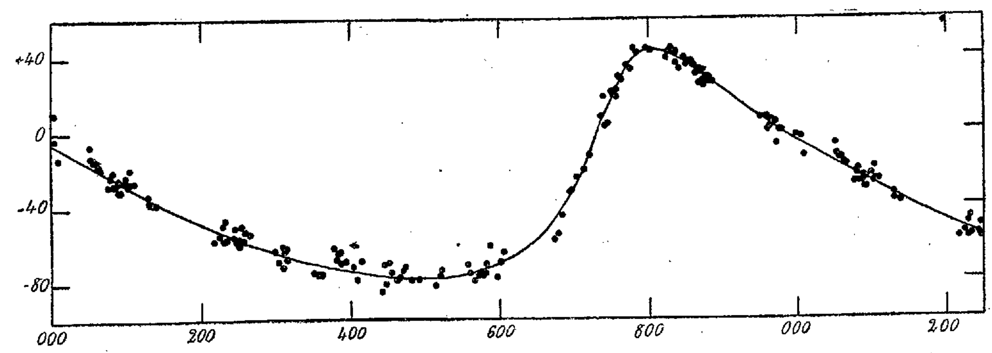
(¹) Séance du 3 décembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 272.

(³) Voir notamment J. Dufay, *Bull. Obs. Lyon*, 10, 1928, p. 1 et suivantes, et 11, 1929, p. 269-277.

Deux poses sont faites ainsi, correspondant, l'une par rapport à l'autre à une surcharge déterminée. On obtient ainsi deux courbes de noircissement parallèles, dont la comparaison permet la détermination de la constante du coin dans les conditions d'emploi. Le coin a d'ailleurs été étudié au laboratoire [1].

3. Une limite inférieure de la précision est donnée par la courbe de lumière provisoire de l'étoile du type δ Cephei, RT Aurigæ (période $3^j,73$, maximum $5^m,3$, minimum $6^m,6$), figurée ci-dessous. Les points représentent les observations individuelles au nombre de 155. Ces observations ont été effectuées à Lyon alors que méthode et instrument étaient en étude. Les conditions atmosphériques étaient souvent très mauvaises et certains clichés furent même tirés par temps brumeux au voisinage de la pleine Lune. Au début on utilisait la plaque Lumière Opta qui était sous-exposée au minimum avec un objectif de chambre de 16^{mm} de distance focale. Celui-ci fut remplacé par l'objectif de 9^{mm} actuellement utilisé et la plaque Opta par la plaque Fulgur trois fois plus rapide. Enfin il s'agit d'une étoile variable du type δ Cephei qui peut ne pas reproduire exactement sa variation de cycle à cycle, surtout au voisinage du minimum. Malgré cet ensemble de conditions défavorables l'erreur d'une mesure individuelle ne dépasse pas $\pm 0^m,031$ et cette courbe provisoire est dès maintenant le document photographique le plus précis sur la variation de RT Aurigæ.



Courbe de lumière de l'étoile variable RT Aurigæ. En abscisses, les millièmes de période; en ordonnées, les différences $m_a - m_v$, m_a désignant la magnitude de l'étoile BD + 29° 1293 et m_v celle de RT Aurigæ.

D'autres groupes de mesures sur les étoiles variables α Ursæ minoris, ζ Aurigæ et α Corone borealis donnent des erreurs moyennes respec-

[1] R. Schwegler et H. Grouiller, *Bull. bimens. Soc. Fr. de Physique*, 370, 1934, p. 143 S.

tives de $\pm 0^{m},020$, $\pm 0^{m},017$ et $\pm 0^{m},013$. Cette méthode paraît donc assez sensible pour s'appliquer à des étoiles difficiles de faible amplitude de variation.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de Nova Herculis.* Note de M. **Charles Bertaud**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La Nova actuellement visible, découverte le 13 décembre 1934, a été signalée, à l'Observatoire de Meudon, le 14. C'est une circumpolaire dont l'observation est possible, le soir et le matin, quelques heures avant le lever du Soleil.

Dès la première soirée de beau temps, c'est-à-dire le 15, j'ai pu obtenir son spectre avec des chambres prismatiques à un prisme et à deux prismes respectivement, montées sur la table équatoriale d'Eichens. Depuis cette date, j'ai mis à profit la plupart des éclaircies et obtenu dix clichés : les 15, 16, 17, 18 et 20 décembre. J'ai employé des plaques Super-Opta et Fulgur. Les spectres de la chambre à deux prismes n'ont pu être suffisamment posés et sont trop faibles pour être utilisables.

L'autre appareil est constitué par un prisme de flint analogue aux prismes du grand spectrohéliographe et par un objectif Zeiss de 10^{cm} d'ouverture et $0^{m},80$ de distance focale. La dispersion entre H et K est de 18 Å par millimètre. Les spectres sont mesurables sur 5^{cm} environ.

Ils présentent le caractère habituel des novæ. A chaque raie de l'hydrogène correspond une raie d'émission large et intense déplacée vers le rouge et une raie d'absorption fortement déplacée vers le violet, comme on le voit aisément avec le spectre de comparaison de Véga qui a été juxtaposé aux spectres pris le 16 et le 18 décembre.

Je donnerai, dans un travail ultérieur, les longueurs d'onde des raies d'émission et d'absorption ; le but de la présente Note étant de faire quelques remarques d'ordre qualitatif sur ces spectres.

Celui du 15 décembre montre de nombreuses raies d'émission entre H_β et H_γ, en particulier une raie d'émission fine, bordée d'une raie d'absorption large et assez intense, correspondant à la longueur d'onde $\lambda 4481$ du Mg II. L'intensité de cette raie, inhabituelle dans le spectre des novæ, vient d'être signalée par Stratton (¹).

(¹) F. J. M. Sratton, *Nature*, **134**, 1934, p. 974.

La raie d'émission H_γ est bordée, vers le rouge, d'une raie d'absorption qui paraît correspondre à O II (λ 4346).

Entre H_γ et H_δ, vers la longueur d'onde λ 4230, apparaissent deux raies fines et intenses d'émission séparées par une raie d'absorption, dues peut-être au Fe I.

Dans le spectre du 16 décembre, deux raies d'émission sont très visibles à λ 4174. Vraisemblablement, elles sont dues aussi au fer ionisé. Elles n'existaient pas, ou sont à peine perceptibles, dans le spectre du 15 décembre. A λ 3945, entre H et K, se trouvent deux raies d'absorption assez fines, correspondant aux raies de l'oxygène.

Enfin les raies H et K présentent nettement les raies d'absorption fines attribuées au calcium interstellaire.

Dans le spectre du 17, la raie du Mg II est encore intense ainsi que la raie d'émission à λ 4230. Les raies d'émission à λ 4174 sont bien visibles et séparées par une fine raie d'absorption.

Dans le spectre du 18, on voit encore la raie du Mg II. Celle du calcium interstellaire se voit seulement au milieu de la raie K.

Le 20 décembre, le spectre a changé considérablement d'aspect avec apparition de raies d'absorption. Les raies d'émission sont beaucoup plus diffuses et moins intenses que celles du 15 par rapport au spectre continu. Le phénomène concorde avec une augmentation d'éclat de la Nova. Le 15, elle avait à peu près la grandeur de β Draconis (3,0) alors que le 20 elle atteignait celle de γ Draconis (2,4).

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur en Afrique du Nord.* Note [1] de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Georges Perrier.

Au cours de l'année 1934, j'ai effectué une série de mesures de la gravité au moyen du pendule Holweck-Lejay n° 43 *bis*. Cet appareil a fait preuve d'une stabilité excellente, la variation séculaire étant faible et régulière, et relevant, par conséquent, d'un terme correctif bien défini.

Pour déterminer les deux constantes k et g_0 de la formule

$$g = g_0 - \frac{k}{T^2},$$

(1) Séance du 10 décembre 1934.

qui lie la valeur de g à la valeur T de la période, j'ai utilisé les deux stations :

Paris-Observatoire........................ $g = 980^{g},944$
Alger-colonne Voirol..................... $g = 979^{g},905$

Cette deuxième station avait été occupée en 1890 par le Commandant Defforges.

Les valeurs adoptées sont

$$g_0 = 945^{g},245; \qquad k = 198,1.$$

Après de nouvelles mesures, en d'autres stations de référence, ces constantes auront peut-être à subir une légère retouche, et les valeurs conclues de la gravité un réajustement corrélatif. Ce réajustement ne saurait d'ailleurs modifier sensiblement l'allure des courbes isanomales.

Pour le moment, une seule station de référence supplémentaire a été occupée : celle de Médéa (mesures en 1890 au pendule Defforges); l'écart est rigoureusement nul, à la précision du milligal.

Une nouvelle donnée d'étalonnage sera fournie par la réduction de la mesure effectuée à l'Observatoire marocain de Ber-Rechid, au pendule Mioni, par M. Reignier.

Signalons les points suivants :

1° Les courbes isanomales tracées *grosso modo*, en tirant parti des 49 stations occupées à l'heure actuelle en Afrique du Nord, présentent une irrégularité dans la région séismique du Chélif, récemment ébranlée par une série de videntes secousses (destruction de Carnot).

2° Les courbes isanomales se resserrent entre Constantine et la mer, région où le gradient horizontal méridien moyen est de l'ordre de 20 oetvoes.

3° La variation d'anomalie entre Alger-Bouzaréa et Alger-colonne Voirol confirme quantitativement les travaux du Service géographique de l'Armée concernant la déviation de la verticale dans cette région.

La précision de l'appareil est de 2 milligals (erreur maxima en recommençant des mesures après blocage, transport et nouveaux réglages). La précision apparente d'une série de mesures, sur un bon pilier, avec faible gradient de température, est bien meilleure, et, avec une dizaine de mesures, peut descendre à 0,2 milligal. Cette précision est illusoire. Elle serait d'ailleurs hors de proportion avec les possibilités d'interprétation, indétermination de la densité et aussi, dans une campagne rapide, de l'altitude (erreur possible de un ou deux mètres).

❧

Stations.	Latitudes.	Longitudes.	Altitudes.	Densités.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	m		g	g	g	g	mg	mg	g	mg	mg
Orléansville	36.10,0	1.20,0 E	130	2,2	979,809	979,849	979,837	979,830	+ 19	+ 7	979,845	+ 4	− 8
Inkermann	35. 7,8	0.55,1 E	71	2,5	979,795	979,817	979,810	979,812	+ 5	− 2	979,828	− 11	−18
Mascara	35.23,8	0. 8,7 E	594	2,5	979,624	979,807	979,745	979,764	+ 43	−19	979,779	+ 28	−34
Mercier-Lacombe	35.14,2	0.14,4 W	549	2,3	979,606	979,776	979,723	979,750	+ 26	−27	979,766	+ 10	−43
Sidi-bel-Abbès	35.21,1	0.38 W	471	2,2	979,619	979,764	979,719	979,759	+ 5	−40	979,775	− 11	−56
Descartes	34.57,2	0.55,0 W	723	2,5	979,527	979,750	979,674	979,726	+ 24	−52	979,742	+ 8	−68
Tlemcen	34.52,9	1.18,9 W	778	2,3	979,522	979,762	979,687	979,720	+ 42	−33	979,735	+ 27	−48
Maghnia	34.50,9	1.44,0 W	393	2,3	979,621	979,742	979,704	979,716	+ 26	−12	979,733	+ 9	−29
Oujda	34.40,2	1.54,6 W	578	2,7	979,535	979,713	979,647	979,702	+ 11	−55	979,718	− 5	−71
Taza	34.13,1	4. 0,6 W	515	2,3	979,505	979,664	979,614	979,664	0	−50	979,680	− 16	−66
Rabat	34. 1,0	6.50,3 W	28	2,4	979,635	979,643	979,640	979,647	− 4	− 7	979,663	− 20	−23
Meknès	33.54,3	5.33,3 W	516	2,4	979,504	979,663	979,611	979,638	+ 25	−27	979,654	+ 9	−43
Fès	34. 2,5	5. 0,0 W	401	2,3	979,519	979,643	979,604	979,650	− 7	−46	979,665	− 22	−61
Marrakech	31.38,4	8. 0,9 W	452	2,4	979,299	979,439	979,393	979,455	− 16	−62	979,470	− 31	−77
Ber-Rechid	33.17,9	7.24,6 W	233	2,5	979,540	979,613	979,588	979,587	+ 26	+ 1	979,603	+ 10	−15
Ain-Temouchent	35.17,5	1. 7,9 W	257	2,5	979,701	979,780	979,753	979,754	+ 26	− 1	979,770	+ 10	−17
Oran	35.41,9	0.38,1 W	120	2,6	979,812	979,849	979,836	979,790	+ 59	+46	979,805	+ 44	+31
Arzew	35,51,6	0.18,4 W	10	2,3	979,853	979,856	979,855	979,804	+ 52	+51	979,819	+ 37	+36
Tlélat (Ste-Barbe du)	35.32,8	0.26,9 W	139	2,2	979,753	979,796	979,783	979,777	+ 19	+ 6	979,792	+ 4	− 9
Relizane	35.44,7	0.33,5 E	87	2,5	979,770	979,797	979,788	979,794	+ 3	− 6	979,809	− 12	−21
Perrégaux	35.35,6	0. 3,9 E	46	2,5	979,771	979,785	979,780	979,781	+ 4	− 1	979,796	− 11	−16
Bouzaréa	36.47,8	0.12,1 E	348	2,6	979,898	980,005	979,967	979,884	+121	+83	979,899	+106	+68
Affreville	36.15,7	2.13,3 E	302	2,5	979,775	979,869	979,837	979,838	+ 31	− 1	979,853	+ 16	−16
Rouina	36.14,6	1.48,5 E	196	2,2	979,812	979,873	979,855	979,837	+ 36	+18	979,852	+ 21	+ 3
Ain'n'sour	36.21,0	2.16,2 E	1090	2,6	979,657	979,993	979,879	979,845	+148	+34	979,861	+132	+18
Médéa	36.15,8	2.45,3 E	911	2,5	979,649	979,930	979,834	979,838	+ 92	− 4	979,853	+ 77	−19

Le tableau ci-contre donne les résultats :

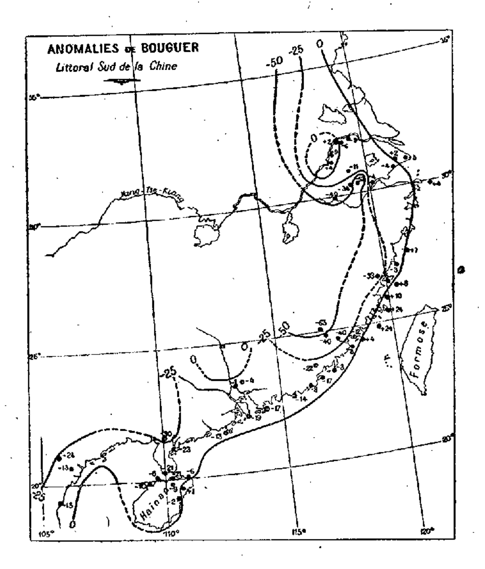
γ_0 est la gravité normale calculée par la formule de Helmert (1901);
γ'_0 est la gravité normale calculée par la nouvelle formule internationale (1930);
g est la valeur observée;
g_0 tient compte du terme de Faye;
g''_0 tient compte des termes de Faye et de Bouguer.

La correction topographique n'a pas été effectuée.

GÉODÉSIE. — *Les caractères généraux de la gravité le long de la côte sud de Chine.* Note (¹) de M. **P. Lejay**, présentée par M. Georges Perrier.

Les mesures de gravité présentées ci-après ont été faites avec le gravimètre Holweck-Lejay n° 42, qui n'a subi aucune modification depuis nos Notes précédentes où son étalonnage a été discuté (²).

Les premières valeurs du tableau suivant sont déjà anciennes; à l'époque



où elles furent faites, une faible *correction séculaire* ($0^s,0057$) devait être appliquée à la période observée en chaque station; on obtenait ainsi la *période corrigée* qui ramenait l'observation à une date donnée. Depuis de longs mois, cette correction s'est annulée. Pour toutes les stations faites

---

(¹) Séance du 10 décembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1964.

Côte sud de Chine.

Stations.	Lat.	Long.	Alt.	δ.	Dates.	T_c.	g.	$g-g_0$.	g_0.	$g-g''_0$.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	n.	E.
	° ′	° ′			1933	s	g	mg	g	mg	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
Hong-Kong	22.18,1	114.10,3	33	2,7	23 III	5,3988	978,769	10	978,779	7	978,776	978,773	6	3	978,791	−12	−15	37	0,2
Canton (Université)	23. 0,0	112.19,0	13	2,2	25 »	5,4200	978,831	4	978,835	3	978,834	978,818	17	16	978,836	− 1	− 2	9	0,3
Canton (Observatoire)	23. 6,0	112.53,0	23	2,2	25 »	5,4200	978,831	7	978,838	5	978,836	978,824	14	12	978,842	− 4	− 6	15	0,3
Macao	22.11,4	113.32	22	2,6	27 »	5,3949	978,758	7	978,765	4	978,762	978,766	− 1	− 4	978,784	−19	−22	21	0,3
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	4 IV	5,6436	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	95	0,2
Zô-sè	31. 5,8	121.11	95	2,5	15 »	5,6318	979,406	29	979,435	19	979,425	979,407	28	18	979,423	12	2	26	0,3
Zao-pou	30.35	121. 9	97	2,3	6 V	5,6145	979,361	30	979,391	19	979,380	979,367	24	13	979,384	7	− 4	15	0,2
Tien mô-shan	30.22	119.50	*371*	2,4	8 »	5,5682	979,240	114	979,354	74	979,314	979,349	5	−35	979,366	−12	−52	17	0,3
Hang-chow	30.14	120.11	87	2,3	7 »	5,6047	979,335	27	979,362	17	979,352	979,339	23	13	979,356	6	− 4	21	0,3
Nankin	32. 3,6	118.45	*270*	2,5	27 VII	5,6460	979,442	83	979,525	54	979,496	979,486	39	10	979,502	23	− 6	15	0,3
Tcheng kiang	32.13	119.36	10	2,3	29 »	5,6702	979,503	3	979,506	2	979,505	979,498	8	7	979,514	− 8	− 9	15	0,3
					1934														
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	7 V	5,6436	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	14	0,2
Chang-Wha	30. 7	119.13	*150*	2,5	10 »	5,5844	979,283	46	979,329	30	979,313	979,330	− 1	−17	979,347	−18	−34	9	0,3
Hwei-chow	29.56	118.24	*125*	2,5	11 »	5,5755	979,259	38	979,297	25	979,284	979,316	−19	−32	979,333	−36	−49	12	0,2
Kwang-te	30.53	119.29	*75*	2,5	12 »	5,6224	979,381	23	979,404	15	979,396	979,390	14	6	979,407	− 3	−11	12	0,3
Wu-hu	31.20	118.21	34	2,5	13 »	5,6458	979,440	10	979,450	7	979,447	979,427	23	20	979,443	7	4	14	0,2
Kwang-fô-se	31.34	118.32	33	2,5	13 »	5,6543	979,463	10	979,473	7	979,470	979,445	28	25	979,461	12	9	9	0,2
Nanking (Ricci collège)	32. 0	118.46	15	2,5	14 »	5,6675	979,496	4	979,500	3	979,499	979,481	19	18	979,497	3	2	6	1
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	15 »	5,6436	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	19	0,2
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	21 »	5,6438	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	9	0,4
Tong-ting	29.51,9	122.35,6	45	2,5	23 »	5,5995	979,322	14	979,336	9	979,331	979,310	26	21	979,327	9	4	12	0,2
Shroud Island	27.38,0	121. 3,0	63	2,5	24 »	5,5358	979,152	19	979,171	13	979,165	979,141	30	24	979,158	13	7	18	0,4
Incog Island	26.59,8	120.27,7	35	2,5	25 »	5,5131	979,091	11	979,102	7	979,098	979,094	8	4	979,111	− 9	− 13	18	0,2
Tung-Yung	26.22,7	120.30,5	123	2,6	25 »	5,4982	979,050	38	979,088	24	979,074	979,049	39	25	979,066	22	8	12	0,1
Spider Island	26.31,4	120. 4,2	32	2,6	26 »	5,5032	979,064	10	979,074	6	979,070	979,060	14	10	979,077	− 3	− 7	12	0,3
Santuao	26.38,2	119.39,9	56	2,6	27 »	5,4952	979,041	17	979,058	11	979,052	979,068	−10	−16	979,085	−47	−33	12	0,2
Middle dog	25.58,1	119.59	80	2,6	28 »	5,4910	979,030	24	979,054	16	979,046	979,019	35	27	979,036	18	10	15	0,2
Turnabout	25.26,1	119.56,1	67	2,6	28 »	5,4836	979,010	20	979,030	13	979,023	978,982	48	41	978,999	31	24	12	0,3
Ockseu	24.59,6	119.27,1	60	2,6	28 »	5,4736	978,981	18	978,999	12	978,993	978,952	47	41	978,969	30	24	17	0,3
Dodd Island	24.25,6	118.30,2	38	2,6	29 »	5,4535	978,926	12	978,938	8	978,934	978,913	25	21	978,930	8	4	18	0,1
Amoy	24.26,7	118. 4,0	8	2,6	30 »	5,4502	978,917	2	978,919	2	978,919	978,914	5	5	978,931	−12	−12	16	0,2
Chapel Island	24. 9,6	118.13,5	59	2,6	31 »	5,4411	978,891	18	978,909	12	978,903	978,894	15	9	978,911	− 2	− 8	12	0,2
Lamocks Island	23.15,7	117.17,0	51	2,6	1 VI	5,4231	978,840	15	978,855	10	978,850	978,835	20	15	978,853	2	− 3	9	0,2
Cape of good Hope	23.14,3	116.48,4	50	2,5	2 »	5,4178	978,825	15	978,840	10	978,835	978,834	6	1	978,852	−12	−17	10	0,2
Breaker point	22.56,4	116.29,7	11	2,6	3 »	5,4171	978,822	3	978,825	2	978,824	978,814	11	10	978,832	− 7	− 8	9	0,2
Chilang point	22.39,0	115.34,1	35	2,5	4 »	5,4065	978,792	11	978,803	7	978,799	978,795	8	4	978,813	−10	−14	12	0,4
Hong-Kong	22.18,1	114.10,3	33	2,6	6 »	5,3968	978,764	10	978,774	7	978,771	978,773	1	− 2	978,791	−17	−20	12	0,5
Bang-Kao	19.42	110.18	*40*	2,5	9 »	5,3478	978,617	12	978,629	8	978,625	978,616	13	9	978,634	− 5	− 9	9	0,3
Ka-Tchek	19.14	110.27	*48*	2,5	9 »	5,3408	978,596	15	978,611	10	978,606	978,590	21	16	978,608	3	− 2	9	0,4
Ho-Hao	19.41	110.42	*40*	2,5	9 »	5,3510	978,627	12	978,639	8	978,635	978,616	23	19	978,634	5	1	9	0,3
Hoi-How	20. 1,3	110.16,2	4	2,5	10 »	5,3525	978,631	1	978,632	1	978,632	978,635	− 3	− 3	978,653	−21	−21	9	0,4
Cami	20.13,5	109.55	6	2,5	11 »	5,3564	978,643	2	978,645	1	978,644	978,647	− 2	− 3	978,665	−20	−21	12	0,3
Lamko	20. 0,5	109.42,2	4	2,5	11 »	5,3564	978,643	1	978,644	1	978,644	978,634	10	10	978,652	− 8	− 8	9	0,3
Pingmar point	19.54,9	109.17,2	4	2,5	12 »	5,3541	978,636	1	978,637	1	978,637	978,629	8	8	978,647	−10	−10	9	0,3
Ma fou point	20. 1	110.55,8	2	2,5	15 »	5,3577	978,647	0	978,647	0	978,647	978,635	12	12	978,653	− 6	− 6	9	0,3
Fort Bayard	21.11,7	110.23,5	7	2,5	16 »	5,3751	978,698	2	978,700	1	978,699	978,704	− 4	− 5	978,722	−22	−23	12	0,2
Lin-Kong	(21.45)	(109.55)	*20*	2,5	17 »	5,3828	978,722	6	978,728	4	978,726	978,738	−10	−12	978,756	−28	−30	12	0,2
San-cian	21.36,0	112.44,3	5	2,6	18 »	5,3866	978,733	1	978,734	1	978,734	978,729	5	5	978,747	−13	−13	9	0,3
Hong-Kong	22.18,1	114.10,3	33	2,6	20 »	5,3978	978,767	10	978,777	7	978,774	978,773	4	1	978,791	−14	−17	12	0,4
Chao-chow	23.50	116.36	*30*	2,5	24 »	5,4308	978,862	9	978,871	6	978,868	978,872	− 1	− 4	978,890	−19	−22	9	0,3
Chang-chow	24.37	117.40	*20*	2,5	27 »	5,4432	978,897	6	978,903	4	978,901	978,926	−23	−25	978,943	−40	−42	12	0,5
Lung-yen	25. 6	117. 1	*365*	2,6	27 »	5,4237	978,842	112	978,954	71	978,913	978,959	− 5	−46	978,976	−22	−63	8	0,4
Ho-K'i	24.49	117.12	*230*	2,5	28 »	5,4338	978,870	70	978,940	46	978,916	978,939	1	−23	978,956	−16	−40	3	2
Chang-chow	24.37	117.40	*20*	2,5	29 »	5,4449	978,902	6	978,908	4	978,906	978,926	−18	−20	978,943	−35	−37	12	0,3
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	6 VII	5,6433	979,435	2	979,437	1	979,436	979,416	21	20	979,432	5	4	9	0,3

Les altitudes en italiques ne sont exactes qu'à ±15 mètres près.

en 1934, temps observé et temps corrigé ont même signification. Nous avions conclu en effet, de la discussion de l'étalonnage primitif de 1932-1933 que la *période corrigée* du pendule devait être à Zi-ka-wei :

(1) $$T_c = 5^s,6436.$$

Or nous avons trouvé, avant et après les deux dernières campagnes, pour les *périodes observées*, les valeurs suivantes :

1934 :	3 avril.	7 mai.	15 mai.	21 mai.	6 juillet.
	$5^s,6433$	$5^s,6415$	$5^s,6436$	$5^s,6438$	$5^s,6433$

Toutes ces valeurs montrent une constance du pendule, à moins d'un milligal près, sauf le 7 mai, où le résultat s'écarte de 4 milligals de la valeur normale.

Nous conservons dans le tableau ci-contre les notations internationales déjà utilisées dans nos Notes précédentes, et nous donnons la carte des anomalies de Bouguer.

Ces mesures viennent prolonger de façon remarquable les faits que nous avons mis en lumière dans la Chine du Nord ([1]).

Il ne peut être attribué au hasard que, sur près de 6000 kilomètres de côtes, la valeur de la gravité soit presque normale partout, que les anomalies négatives soient de plus en plus fortes à mesure qu'on pénètre plus loin dans le continent, et qu'on trouve si régulièrement des anomalies positives dès qu'on s'éloigne en mer.

La compensation générale des masses continentales, si remarquable dans le Hopei et le Shansi se retrouve jusqu'au Sud de la Chine, et se prolonge d'ailleurs, comme nous l'avons montré précédemment, jusqu'à l'extrémité sud de la Cochinchine.

A cette loi générale, nous n'avons constaté en Chine que deux exceptions, à l'embouchure du Yang-Tse et dans la basse vallée du Si-Kiang.

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 905.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions quasi périodiques des équations de la mécanique non linéaire.* Note [1] de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogoliùboff**, présentée par M. Hadamard.

La théorie des solutions périodiques forme incontestablement un important domaine dans l'étude des solutions des équations différentielles sur tout axe réel. Or, à peine sorti de ce terrain solide, si brillamment exploré dans les mémorables recherches de H. Poincaré et de A. Liapounoff, on se trouve en présence d'une foule de problèmes irrésolus et de difficultés insurmontées jusqu'ici à notre connaissance. Ainsi, par exemple, les questions de l'existence et de la stabilité des solutions quasi périodiques, qui jouent un rôle tout particulier dans bien des problèmes d'oscillations traités en mécanique non linéaire, sont presque complètement inexplorées, surtout quand il s'agit des équations différentielles correspondant aux systèmes capables de produire les oscillations propres (systèmes autopériodiques).

Dans nos recherches récentes relatives à ce sujet, nous avons essayé de contribuer à combler cette lacune en élaborant les critères *vérifiables* de l'existence et de la stabilité des solutions quasi périodiques. Nous y sommes parvenus en premier lieu à l'aide d'une méthode spéciale qui nous a permis d'établir la correspondance très nette entre les propriétés de quasi-périodicité des solutions exactes et celles de leurs premières approximations formées d'après nos procédés de la mécanique non linéaire. En poursuivant nos études dans cette direction nous avons largement utilisé les recherches profondes de H. Poincaré [2] et de M. A. Denjoy [3] sur les caractéristiques à la surface du tore, ainsi que certaines idées très importantes de M. G. Birkhoff relatives à la correspondance entre l'existence de la courbe invariante d'une transformation ponctuelle et l'existence de la solution quasi périodique.

Dans nos recherches que nous venons de mentionner, nous avons considéré par exemple l'équation suivante, d'une importance toute particulière dans la mécanique non linéaire :

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2x=\sum_{n=1}^{\infty}\varepsilon^n f_n\left(t,\,x,\,\frac{dx}{dt}\right), \tag{1}$$

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *Œuvres complètes*, **1**, p. 137.

(3) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 850.

où la série du second membre converge pour les valeurs suffisamment petites du paramètre ε et où $f_n(t, x, dx/dt)$ sont des polynomes entiers en $\cos t$, $\sin t$, x, dx/dt. Supposons de plus que ω n'est pas voisin de nombres r/s, où r et s sont des entiers pour lesquels les expressions

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f_1(\theta, a\sin\varphi, a\omega\cos\varphi)\, e^{\pm j\varphi} e^{-j(r\theta+s\varphi)}\, d\varphi\, d\theta$$

ne sont pas identiquement égales à zéro (*hypothèse de non-résonance*). Alors nous avons le résultat que voici : *Si l'équation algébrique*

$$F(a) \equiv \frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f_1(\theta, a\sin\varphi, a\omega\cos\varphi)\cos\varphi\, d\varphi\, d\theta = 0$$

possède une racine simple a_0 différente de zéro, alors l'équation différentielle (1) *admet, pour les valeurs suffisamment petites de ε, une famille de solutions quasi périodiques de la forme*

$$x = z(t, \nu t), \tag{2}$$

où le rotation number ν *est une fonction continue de ε et $z(\theta, \varphi)$ sera une fonction périodique de θ, φ (avec la période 2π) dépendant en général de ε. Cette famille est stable positivement quand $F'(a_0) < 0$ et négativement quand $F'(a_0) > 0$.*

Nous avons montré de plus qu'en général ν, $z(\theta, \varphi)$ dans leur dépendance du paramètre ε ne sont pas analytiques quelque petite que soient les valeurs de ε. On peut obtenir néanmoins les développements formels de ν, $z(\theta, \varphi)$ en séries ordonnées suivant les puissances de ε et ces séries, étant en général divergentes, possèdent certaines propriétés asymptotiques et peuvent être utilisées pour les calculs pratiques dans le cas de ε suffisamment petit.

Il est à remarquer que les solutions (2) dégénèrent en des solutions périodiques chaque fois que le *rotation number* devient rationnel. Vu la continuité de $\nu = \nu(\varepsilon)$, d'ici découle que l'ensemble des valeurs de ε pour lesquelles les solutions quasi périodiques (2) deviennent simplement périodiques est partout dense et nous avons montré aussi que cet ensemble consiste en général en intervalles (zones de synchronisation), dans chacun desquels ν reste constant.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Centre de gravité en Mécanique de Dirac. Application aux photons, au spin, au proton.* Note [1] de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Soit un système de corpuscules en mouvement, chacun pris isolément, satisfaisant à une équation d'ondes du type de Dirac

$$\mathbf{p}_0 + \bar{\alpha}_1^{(i)}\mathbf{p}_1^{(i)} + \bar{\alpha}_2^{(i)}\mathbf{p}_2^{(i)} + \bar{\alpha}_3^{(i)}\mathbf{p}_3^{(i)} + \bar{\alpha}_4^{(i)}(m_i c)\psi_k^{(i)} = 0,$$

les $\bar{\alpha}$ étant ou non ceux de Dirac; $-c\bar{\alpha}_j^{(i)}$ joue le rôle d'opérateur vitesse $v_j^{(i)}$. Pour un tel système, nous pouvons, comme dans le cas à un seul ψ [2], chercher le mouvement du centre de gravité G qui est bien défini en relativité restreinte si les corpuscules sont sans interaction potentielle entre eux et ont tous la même vitesse : dans ces mêmes conditions, il l'est également ici. Au lieu de $\mathbf{p}^2$, nous aurons $-c\bar{\alpha}\mathbf{p}$, d'où, pour les $\mathbf{v}^{(i)}$, par analogie avec les $\mathbf{p}^{(i)}$,

$$\mathbf{v}^{(i)} \doteq \mathbf{V} + \mathbf{v}_r^{(i)}; \qquad \mathbf{V} \doteq \sum \frac{m_i}{\mathfrak{M}}\mathbf{v}^{(i)}; \qquad \sum m_i \mathbf{v}_r^{(i)} \doteq 0.$$

Le Ψ du système sera le produit des $\psi^{(i)}$ en l'absence de potentiels d'interaction, il appartiendra à l'espace produit indiciel.

L'équation d'ondes du système sera

$$-c\left\{\sum_i \mathop{S}_{x,y,z} \frac{\partial}{\partial x_{(i)}} \sum_l \bar{\alpha}_{1il}^{(i)}\delta_{km}\delta_{np} + \sum_i \bar{\alpha}_4^{(i)} m_i c\right\}\psi_{i,k,\ldots,s} = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\psi_{i,k,\ldots,s}}{\partial t},$$

en posant

$$[\mathbf{a}_1^{(i)}]_{jk,lm,np,\ldots} = \bar{\alpha}_{1jl}^{(i)}\delta_{km}\delta_{np}\ldots,$$

l'équation d'ondes du système est

$$-c\left[\sum \vec{\mathbf{a}}^{(i)}\vec{\mathbf{p}}^{(i)} + \mathbf{a}_4^{(i)} m_i c\right]\overleftarrow{\psi} = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\overleftarrow{\psi}}{\partial t}.$$

Si un champ extérieur agissait sur un corpuscule, il faudrait remplacer $\mathbf{p}^{(i)}$ par $\mathbf{p}^{(i)} - (e_i/c)\mathcal{A}_i$ et ajouter $(e_i/c)\mathcal{V}^{(i)}$. Nous obtenons alors comme équation du centre de gravité

$$-\left[c\vec{\mathbf{A}}.\vec{\mathbf{P}} + \mathcal{V}_G\right]\Psi = \frac{2\pi i}{h}\frac{\partial\Psi}{\partial t}.$$

---

[1] Séance du 10 décembre 1934.

[2] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1566; *Journ. Phys.*, 5, 1934, p. 320.

et comme équation du mouvement relatif

$$\left[\sum \mathcal{V}_r^{(i)} \varpi^{(i)} + \overline{\mathrm{VP}} - \overline{\mathrm{H}_\mathrm{G}} - \overline{\mathrm{A}_4}\, \mathfrak{M} c^2\right] \Phi = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial \Phi}{\partial t}.$$

2. En particulier, nous pouvons considérer le cas de deux corpuscules. On a alors

$$\mathbf{A}_j = \frac{m_1}{m_1 + m_2}\mathbf{a}_j^{(1)} + \frac{m_2}{m_1 + m_2}\mathbf{a}_j^{(2)}.$$

Si les deux corpuscules sont des demi-photons, on retrouve les **A** de Louis de Broglie (¹), d'où ce résulat important : *l'équation du photon de Louis de Broglie est celle du centre de gravité des deux constituants du photon.*

Ces photons rendent compte des émissions dipôles avec conservation du moment de rotation total, mais non des émissions multipôles. M. Louis de Broglie a pensé qu'il faudrait, pour les émissions quadrupôles, faire intervenir des photons composés de quatre corpuscules. Au moyen du centre de gravité, nous pouvons écrire de suite l'équation de tels photons formés d'un nombre quelconque de paires de neutrinos et d'antineutrinos.

3. Lorsqu'on passe du système de référence où G est fixe (mouvement relatif) à celui de l'observateur, il convient d'appliquer la contraction de Lorentz aux éléments de volume, c'est-à-dire à $\int \Phi^\star \Phi \, d\tau$, ce qui ne donne plus comme densité de probabilité de présence $\Psi^\star\Psi$, mais $\Psi^\star \mathbf{R} \Psi$, l'opérateur **R** correspondant à la contraction. Or, comme l'a montré M. Louis de Broglie (²), c'est $\mathbf{A}_4$; il semble que, si l'on a une intégrale $3n$-uple, il faudra mettre $\mathbf{R}^n$ au lieu de **R**. Ceci fournit une nouvelle raison pour l'introduction de $\mathbf{A}_4$ dans la densité de présence.

4. Le spin du centre de gravité sera l'opérateur qui, ajouté au moment cinétique, donne une intégrale première. Nous trouvons que *l'opérateur spin de* G *est la somme des spins des corpuscules du système, et le spin de* G *est égal au spin total.*

Dans le cas particulier d'un photon, l'opérateur spin de G se réduit à celui de MM. Louis de Broglie et Jacques Winter (³).

5. Si nous faisons l'hypothèse qu'un proton est constitué par : 1° un neutron, 2° un positron, 3° un neutrino, chacun isolément obéissant à une

---

(¹) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 445.

(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1165.

(³) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 813.

équation du type Dirac, nous obtenons comme équation d'ondes

$$\left\{\mathbf{P}_4+\sum_1^3\left(\frac{m_1}{\mathfrak{M}}\mathbf{a}_i^{(1)}+\frac{m_2}{\mathfrak{M}}\mathbf{a}_i^{(2)}+\frac{m_3}{\mathfrak{M}}\mathbf{a}_i^{(3)}\right)\mathbf{P}_i+\frac{e}{c}\mathbf{a}_i^{(2)}\mathcal{A}_i+\frac{e}{c}\mathcal{V}+\mathfrak{M}\mathbf{A}_4 c\right\}\Psi=0,$$

qui ne différera de celle d'un corpuscule de Dirac que dans un champ magnétique. Sans pouvoir affirmer qu'elle rend compte exactement des expériences de Stern, elle conduit à un moment magnétique supérieur à un magnéton protonique au lieu de un par l'équation de Dirac. De plus, elle permet deux valeurs de spin pour le proton : 1/2 et 3/2, ce qui donne deux états du proton, comme G. Petiau (¹) en avait fait l'hypothèse. On pourrait encore appliquer aussi bien cette méthode pour le mouvement d'un deuton en tenant compte de son énergie de liaison.

Conclusion. — L'extension des théorèmes du centre de gravité à des systèmes formés de corpuscules obéissant à des équations du genre de celle de Dirac fournit un certain nombre de résultats intéressants pour la théorie des photons, et pour le spin d'un système, ainsi que d'utiles indications pour le proton et pour le deuton.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Déduction de l'équation d'ondes de Dirac à partir de l'électrodynamique quantique.* Note de MM. **Max Born** et **Léopold Infeld**, présentée par M. P. Langevin.

1. On peut maintenant (²) montrer qu'un système électrodynamique fermé se comporte comme une particule libre. Pour cela, nous introduisons une série de grandeurs intégrales : le centre de gravité

$$\vec{q}=\frac{1}{2}\left\{W^{-1}\left(\int\vec{r}\,U\,dv\right)+\left(\int\vec{r}\,U\,dv\right)W^{-1}\right\}, \tag{7}$$

le moment d'impulsion total autour de l'origine

$$\vec{M}=\int(\vec{r}\times\vec{S})\,dv, \tag{8}$$

et le moment d'impulsion interne

$$\vec{s}=\vec{M}-(\vec{q}\times\vec{p}), \tag{9}$$

(¹) *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 426.
(²) Cf. M. Born et L. Infeld, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1297.

enfin la charge totale

(10) $$e = \frac{1}{4\pi}\int \operatorname{div}\vec{E}\,dv,$$

et l'énergie au repos W_0 (ou la masse au repos $m_0 = |W_0|$), définie par

(11) $$W^2 - p^2 = W_0^2.$$

On peut montrer que W_0^2 est un opérateur défini positif.

2. On en déduit toutes les relations de permutation possibles entre ces grandeurs intégrales. Les plus importantes sont les suivantes : W est permutable avec $\vec{p}$, $\vec{M}$, $\vec{s}$, c'est-à-dire que ce sont des intégrales du mouvement; W_0 est de plus permutable avec $\vec{q}$, c'est donc un nombre-c dans le domaine des grandeurs intégrales. De plus on a

(12) $$[p_k, q_l] = \delta_{kl}, \qquad [p_k, p_l] = 0, \qquad \vec{M}\times\vec{M} = -\frac{\hbar}{i}\vec{M}$$

comme en mécanique quantique; au contraire, les composantes $\vec{q}$ ne sont pas permutables, mais on a

(13) $$\vec{q}\times\vec{q} = \frac{\hbar}{i}\vec{s}\,W^{-2}.$$

Le centre de gravité du système se déplace avec une vitesse constante $\dot{\vec{q}} = \vec{p}\,W^{-1}$, comme dans la physique classique.

3. Ce système formel pour le mouvement du centre de gravité se montre complètement équivalent avec l'équation d'ondes pour un mouvement en l'absence de champ de forces. Pour cela, d'après le procédé de Dirac, on prend la racine carrée de (11), en posant

(14) $$W = \vec{\alpha}\vec{p} + \alpha_0 m_0,$$

où $\vec{\alpha}$, α_0 sont les grandeurs anticommutantes connues. On sépare alors de $\vec{q}$ une partie commutante

(15) $$\vec{q} = \vec{q}_0 + \vec{\xi}$$

avec la condition

(16) $$[q_k^0, q_l^0] = 0, \qquad [p_k, q_l^0] = \delta_{kl}.$$

Alors $\vec{\xi}$ se détermine à partir de $\dot{\vec{q}} = \vec{p}\,W^{-1}$ par

(17) $$\vec{\xi} = \frac{\hbar}{i}\vec{\alpha}\,W^{-2}$$

et l'on obtient à partir de (13)

(18) $$\vec{M} = \vec{s} + (\vec{q} \times \vec{p}) = \vec{\sigma} + (\vec{q_0} \times \vec{p}),$$

où σ a les composantes

(19) $$\sigma_1 = \frac{1}{2} \frac{h}{i} \alpha_2 \alpha_3, \qquad \ldots .$$

et, par suite, représente le spin de Dirac.

$\vec{\xi}$ est le mouvement de tremblement de Schrödinger, notre $\vec{q}$ est la partie monotone du mouvement électronique. Nous pensons que la description du processus au moyen des grandeurs $\vec{q}$, $\vec{p}$, $\vec{s}$, qui ont une signification concrète comme intégrales du champ électromagnétique, est, en principe, meilleure que celle qui utilise les grandeurs de Dirac, $\vec{q}$, $\vec{p}$, $\vec{\sigma}$, qui possèdent certains avantages mathématiques.

Ainsi semble montrée la voie vers une théorie unitaire dans laquelle le champ et les particules matérielles sont essentiellement la même chose.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Sur le fonctionnement d'un appareil déformant.* Note de M. C. **Budeanu**, présentée par M. André Blondel.

Soit un réseau à s éléments unifilaires, dont un de ses éléments est constitué par un générateur à f. e. m. sinusoïdale, un autre élément par un appareil déformant et les autres $(s-2)$ éléments par des résistances constantes.

Notons la f. e. m. et le courant du générateur par

(1) $$e = \sqrt{2}\,\mathrm{E}\sin(\omega t - \alpha); \qquad i = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n \mathrm{I}_n \sin(n\omega t - \beta_n),$$

la tension aux bornes de l'appareil déformant et son courant par

(2) $$u = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n \mathrm{U}_n \sin(n\omega t - \alpha_n); \qquad j = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n \mathrm{J}_n \sin(n\omega t - \gamma_n),$$

et le courant dans un des $(s-2)$ éléments à résistances par

$$y = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n \mathrm{Y}_n \sin(n\omega t - \delta_n).$$

En utilisant les lois de conservation des puissances, hormanances et hor-

manances mutuelles [1] pour l'onde fondamentale et un harmonique de l'ordre n, ainsi que des hormanances mutuelles pour un groupe d'harmoniques mn et en tenant compte du fait que les résistances R ne sont le siège que des puissances de la forme $RV^2 = \Sigma RY_n^2$, nous arrivons aux relations suivantes :

$$(3)\quad \begin{cases} EI_1\cos(\alpha-\beta_1) = \Sigma_1^{s-2} RY_1^2 + U_1J_1\cos(\alpha_1-\gamma_1), \\ EI_1\sin(\alpha-\beta_1) = U_1J_1\sin(\alpha-\gamma_1); \end{cases}$$

$$(4)\quad O = \Sigma_1^{s-2} RY_n + U_nI_n\cos(\alpha_n-\gamma_n), \qquad O = U_nI_n\sin(\alpha_n-\gamma_n);$$

$$(5)\quad EI_n\cos(\alpha+\beta_n) = U_1J_n\cos(\alpha_1+\gamma_n) - U_nJ_1\cos(\alpha_n+\gamma_1),$$

$$(6)\quad EI_n\sin(\alpha+\beta_n) = U_1J_n\sin(\alpha_1+\gamma_n) - U_nJ_1\sin(\alpha_n+\gamma_1);$$

$$(7)\quad \begin{cases} O = U_nJ_m\cos(\alpha_n+\gamma_m) - U_mJ_n\cos(\alpha_m+\gamma_n), \\ O = U_nJ_m\sin(\alpha_n+\gamma_m) - U_mJ_n\sin(\alpha_m+\gamma_n). \end{cases}$$

Ces relations nous amènent aux principales conclusions ci-dessous, comme application de la conception et des propriétés des hormanances mutuelles [2].

a. Les puissances *absorbées* de la forme $U_nJ_n\cos(\alpha_n-\gamma_n)$, en dehors de l'onde fondamentale, (4) sont négatives, elles sont donc des puissances *génératrices*, les angles $\alpha_n-\gamma_n$ étant égaux à π. L'appareil déformant, dans ces cas, *est récepteur de puissance sur l'onde fondamentale* (3) *et géné-*

---

[1] Nous utiliserons la terminologie préconisée de M. Blondel de *hormanance mutuelle* pour désigner la notion que nous avions appelée *puissance déformante*.

Nous rappellerons que dans un réseau sans contacts glissants, formé de s éléments unifilaires, la différence de potentiel et le courant de chaque élément étant notés par $u = \Sigma_1^n U_n\sin(n\omega t - \psi_n)$ et $i = \Sigma_1^n I_n\sin(n\omega t - \varphi_n)$ les propriétés de conservation des quantités d'électricité (première loi de Kirchhoff) et des puissances instantanées nous permettent d'écrire les lois de conservation générales des puissances et des hormanances pour chaque harmonique n et pour chaque groupe mn :

$$\Sigma_1^s U_nI_n\cos(\psi_n-\varphi_n) = 0; \qquad \Sigma_1^s U_nI_n\sin(\psi_n-\varphi_n) = 0,$$
$$\Sigma_1^s H_c = \Sigma_1^s [U_nI_m\cos(\psi_n+\varphi_m) - U_mI_n\cos(\psi_m+\varphi_n)] = 0,$$
$$\Sigma_1^s H_s = \Sigma_1^s [U_nI_m\cos(\psi_n+\varphi_m) - U_mI_n\sin(\psi_m+\varphi_n)] = 0.$$

Voir à ce sujet : A. BLONDEL, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1351; *Les courants alternatifs*, 1933, p. 245; C. BUDEANU, *Inst. nat. roumain*, 1927; *Bull. de Mat. et Phys. de l'Éc. Polyt. de Bucarest*, n° 1, p. 1.

[2] Dans les relations (3)-(7) les membres de gauche représentent les puissances génératrices et les hormanances « produites » par le générateur, tandis que les membres de droite se réfèrent aux puissances motrices et aux hormanances « absorbées » par les autres éléments du réseau.

rateur de puissance sur les harmoniques (4) (comme on pourrait le prévoir *à priori* dans ce cas).

Les harmoniques de force électromotrice sont localisés dans l'appareil déformant. Les puissances des résistances se référant aux harmoniques (ΣRY_n^2) sont produites par le générateur, mais elles sont transmises au réseau à travers l'onde fondamentale et l'appareil déformant.

b. La nullité de toutes les hormanances mutuelles *mn* en dehors de l'onde fondamentale (7) nous montre que les harmoniques de tension et courant, aux bornes de l'appareil déformant se soumettent dans ce cas à la condition de proportionnalité $U_n = KJ_n$, $U_m = KJ_m$, etc.

c. La propriété de conservation vectorielle de la puissance apparente comme conséquence des lois plus haut mentionnées, nous permet de *calculer la puissance apparente aux bornes de l'appareil déformant*, étant donné, dans ce cas, l'égalité de l'hormanance mutuelle totale du générateur à celle de l'appareil déformant (5 et 6) :

$$(8) \qquad P_{ap} = \sqrt{[EI_1 \cos(\alpha - \beta_1) - \Sigma RY^2]^2 + [EI_1 \sin(\alpha - \beta_1)]^2 + E^2[I^2 - I_1^2]}.$$

Cas d'un réseau inductif. — Dans ce cas les relations (3-7) doivent être complétées par les termes se référant aux hormanances des éléments inductifs. Même dans ce cas l'app. déformant est récepteur de puissance sur l'onde fondamentale et générateur sur les harmoniques. La condition de proportionnalité (point *b* plus haut) ne subsiste plus.

Cas particulier. — Si le réseau se réduit au cas d'un simple montage en série du générateur à f. e. m. sinusoïdale débitant sur l'app. déformant à travers une résistance R, les lois de conservation des puissances et des hormanances (3-7) se simplifient par $i = j = y$ et se réduisent à une conservation de tension ($e = Ri + u$), ce qui nous conduit dans ce cas à $\overline{E} = \overline{RI} + \overline{U}_1$, $O = \overline{RI}_n + \overline{U}_n$, etc.

Les autres conclusions subsistent toujours. *La résistance* R *est le siège d'une circulation de puissances sur l'onde fondamentale et sur les harmoniques en sens inverse.* La constante de proportionnalité (point *b* plus haut) est dans ce cas $K = -R$.

Un relevé oscillographique dans un cas semblable nous a mis en évidence cette circulation de puissance en sens inverse aux bornes d'un app. déformant, constitué par une bobine à fer, quand pour les harmoniques 3, 5, 7, la valeur efficace de $\sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2}$ dépasse 99 pour 100 de la valeur efficace totale du courant (et de même pour la tension).

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les transferts de modulation dans la couche de Heaviside.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Fabry.

En 1929, on m'avait signalé le fait suivant, que je cite sans aucune garantie : en portant de 500 à 700 ampères l'intensité efficace à la base de l'antenne de la station Croix d'Hins, la réception à Saigon était très notablement augmentée; j'avais alors cherché si l'on pouvait rendre compte de cet effet par un changement apparent de la constante diélectrique dans la couche de Heaviside (couche H) dû à la vitesse plus grande des électrons sous l'influence de l'onde et augmentant le nombre de chocs par seconde contre les molécules. L'effet remarquable observé par MM. Van der Pol et Van der Mark, selon lequel on entend la modulation d'un émetteur en écoutant l'onde porteuse d'un autre, de fréquence différente, dans les conditions convenables, paraît relever du même genre d'explication, dont le principe est d'ailleurs venu à l'esprit de plusieurs personnes suivant ces questions. Je voudrais simplement ici préciser des ordres de grandeur et des possibilités de calculs cohérents.

Si l'on a dans le vide ν électrons libres de masse m, de charge e, la constante diélectrique ε pour la pulsation ω devient (Appleton)

$$\varepsilon' = \varepsilon - \nu \frac{4\pi e^2}{m\omega^2}. \tag{1}$$

Introduisons le terme de frottement $f\,dx/dt$ dans l'équation du mouvement des électrons soumis au champ $E\cos\omega t$. La formule (1) en est modifiée ainsi

$$\varepsilon' = \varepsilon - \nu \frac{4\pi e^2}{m\omega^2 - jf\omega}. \tag{2}$$

Or les chocs des électrons de vitesse V, sur les ν_1 molécules par centimètre cube qu'on trouve dans la couche H, produisent statistiquement cet effet de frottement. Je trouve que l'électron de vitesse V subit par seconde le nombre des chocs

$$n = \nu_1 \sqrt{\pi}\,\sigma^2 \left[1 + \frac{\varphi\left(\frac{\sigma}{2}\right)}{\frac{1}{2} m V^2} \right] V \tag{3}$$

[σ diamètre des molécules; $\varphi(\sigma/2)$ énergie potentiel électron-molécule au

contact] et que, pour des fréquences pas trop grandes, $f = 2mn$ est une bonne approximation de f. D'autre part, si la vitesse V d'agitation thermique des électrons dans la couche H est de 10000 m/sec environ, la vitesse V_1 qui prend un électron libre soumis au champ E d'une antenne de hauteur effective h située à la distance r, le courant à la base de l'antenne étant i (on a $E_{ucs} = 2\pi[h/\lambda r] i_{uem} \cos\theta$), est de l'ordre de 2500 m/sec pour $h = 200^m$, $r = 200^{km}$, $i_{uem} = 20$ (200 ampères). Donc V_1 n'est pas négligeable devant V.

En comparant V et V_1 on arrive finalement à

$$\varepsilon' = \varepsilon - \frac{\nu 4\pi e^2}{m\omega^2 - j\omega 2m\nu_1\sqrt{r}\sigma^2\left[1 + \frac{\varphi\left(\frac{1}{2}\right)}{\frac{1}{2}m\overline{V}^2}\right]\left(V + \alpha\frac{V_1^2}{V}\right)}, \tag{4}$$

α étant un coefficient numérique, de l'ordre de 1/2, dépendant légèrement de V_1/V. On a posé $\overline{V}^2 = V^2 + V_1^2$. Suivant l'importance de $\varphi(\sigma/2)$ le terme en $j\omega$ peut décroître ou croître quand V_1 croît.

Cette formule (4), jointe à l'équation de propagation

$$c^2 \Delta y = \varepsilon' \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \tag{5}$$

et surtout jointe à la considération des variations de ε' suivant l'altitude et les conditions locales, comporte les conséquences suivantes :

a. La constante diélectrique de la haute atmosphère dépend, quant à sa valeur moyenne pour une fréquence déterminée, de toutes les ondes de fréquence identique ou différente qui s'y propagent. Elle est en outre modulée par les battements ou modulations directes de ces diverses ondes, ceci par l'intermédiaire de la quantité V_1^2 qui y figure et qui introduit les battements et modulations des divers courants i.

b. L'intensité de réception peut n'être pas proportionnelle à l'intensité d'émission quand les variations de ε' sous l'influence de l'onde elle-même ont un caractère critique (passage du régime ondes longues au régime de propagation ondes courtes).

c. L'intensité d'une réception dépend en particulier de la puissance des autres transmissions, d'où la possibilité de certains « fadings » particuliers dus à cette cause.

d. Les transferts de modulation d'une onde porteuse sur une autre sont la conséquence de la modulation de la constante diélectrique notée en *a*,

introduite explicitement pour la recherche des solutions de l'équation (5). La variation de cet effet suivant l'intensité des diverses ondes qui interviennent paraît bien s'expliquer. Par contre, la particularité, notée par Van der Pol et Van der Mark, suivant laquelle la profondeur de la modulation transférée serait d'autant plus faible que la fréquence de modulation est elle-même plus élevée, ne s'explique pas immédiatement par les calculs précédents et nécessite une étude plus approfondie de la modification de la couche H par une onde incidente, et de la constante de temps qui intervient dans la transformation de l'énergie communiquée aux électrons par l'onde en énergie thermique. Il y a encore à prendre en considération le point de vue de Jonescu et Mihul suivant lequel dans un gaz ionisé les électrons libres ne sont pas en équilibre thermique.

SPECTROSCOPIE. — *Effet Zeeman du mercure et perturbations.* Note de M. **Pierre Jacquinot**, transmise par M. A. Cotton.

J'ai entrepris l'étude de l'effet Zeeman de plusieurs raies du mercure en vue d'examiner les perturbations apportées par la proximité des deux niveaux $6s4d$, $^3D_1$ et $^1D_2$ distants de 3 cm^{-1} seulement : on doit s'attendre à un effet Paschen-Back entre ces deux termes de multiplicité différente.

La source lumineuse est placée dans le champ du grand électroaimant de Bellevue : cette source est un tube à électrodes extérieures excité en haute fréquence et disposé de telle sorte que les champs électrique et magnétique soient parallèles : on peut ainsi travailler avec 50000 gauss.

Les raies sont photographiées dans le deuxième et le troisième ordre d'un grand réseau concave de Rowland en montage Eagle : elles sont d'une finesse excellente.

J'ai étudié principalement les raies 5790 et 3662 qui présentent les anomalies prévues, et aussi la raie 4347 homologue de 5790, le triplet 4047-4358-5461, les raies 3650 et 3654, ainsi que les intercombinaisons 5789, 5769 et 4077.

Je me vois contraint de publier les résultats qualitatifs des clichés sans attendre l'achèvement des mesures, à la suite de la publication très récente d'un Mémoire de Green et Loring [1]. Nous avons, en effet, étudié simultanément et tout à fait indépendamment les raies du mercure intéressant

---

[1] *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 888.

les niveaux $6s4d$, et observé les mêmes anomalies, notamment le dédoublement de la composante σ de courte longueur d'onde de 3790. Ce dédoublement, visible dès 18000 gauss, atteint à 50000 un écart considérable. Je ne puis encore donner les résultats précis des mesures, mais il me semble que l'on peut extrapoler les résultats de Green et Loring relatifs au déplacement vers le rouge de la composante π jusque vers 45000 gauss. On doit noter en plus un dédoublement de la composante e de 5789, visible à 50000 gauss.

Les décompositions sont semblables aussi pour 3662 [$^3P_2 - {}^3D_1$], mais il y a une forte dissymétrie pour 3654 [$^3P_2 - {}^3D_2$], non signalée 34000 gauss par Green et Loring.

Il n'a pas été constaté d'anomalies importantes pour les autres raies, mais sur beaucoup d'entre elles on peut observer un flou accompagné d'un affaiblissement des composantes σ de courte longueur d'onde. Ce phénomène semble assez difficile à expliquer, il est peut-être lié à la nature de la source employée ; d'autres expériences permettront de voir s'il en est ainsi.

Signalons enfin deux clichés sur les raies $^1P_1 - {}^1D_2$ 4921 et 4387 de l'hélium, obtenus par le même procédé ; les écarts avec les niveaux ^3D correspondants sont respectivement de 3 cm^{-1} et 2 cm^{-1} : ces clichés (non mesurés encore) ne paraissent présenter aucune anomalie.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Piles photovoltaïques et piles photoélectriques à couche de barrage.* Note de M. **Georges Athanasiu**, transmise par M. A. Cotton.

Le fonctionnement des piles photoélectriques sèches, à sous-oxyde de cuivre, peut être expliqué assez simplement par l'hypothèse d'une couche de barrage (ou couche d'arrêt), pour les électrons photoélectriques. Cette couche de barrage laisse passer les électrons seulement dans le sens substance sensible → couche de barrage [1]. Par analogie, on a proposé la même hypothèse pour expliquer le fonctionnement des piles photovoltaïques de E. Becquerel. Pour ces dernières piles on admet que la couche de barrage se trouve soit au contact de l'électrolyte avec la substance sensible (qui couvre les électrodes), soit au contact de celle-ci avec l'électrode.

Cette explication est simple et commode, mais malheureusement elle

(1) W. Schottky, *Phys. Zeitschr.*, 31, 1931, p. 913.

ne peut pas, comme nous le montrerons, être admise pour toutes les piles photovoltaïques; elle s'applique seulement à certaines de ces piles.

1. Considérons d'abord *les piles photovoltaïques à électrodes de cuivre recouvertes d'une couche cristalline de sous-oxyde obtenue par traitement de l'électrode à haute température*. Les expériences faites avec ces électrodes montrent que l'effet photovoltaïque est *positif* : les électrons photoélectriques se déplacent dans le sens substance sensible → électrolyte. A ce point de vue l'effet observé peut être comparé à l'effet donné par les piles à couche de barrage de *deuxième catégorie* (¹) (qui fonctionnent par la face du sous-oxyde tournée vers la lumière). Pour ces dernières piles la surface libre du sous-oxyde est recouverte d'une couche métallique mince, transparente pour les radiations actives. Quand on éclaire la pile, la pellicule métallique se charge *négativement*, ce qui prouve que les électrons photoélectriques se déplacent dans le sens sous-oxyde → pellicule métallique. La comparaison avec les piles photovoltaïques mentionnées conduit donc à admettre que, pour ces dernières, la couche de barrage se trouve au contact du sous-oxyde avec l'électrolyte. En ce qui concerne la sensibilité dans le spectre j'ai trouvé (*loc. cit.*) que la courbe de sensibilité des piles photovoltaïques, à sous-oxyde de cuivre cristallin, est identique à celle des piles à couche de barrage de deuxième catégorie : pour les deux phénomènes la courbe montre un seuil de sensibilité vers $\lambda\, 0^{\mu},630$ et un maximum vers $\lambda\, 0^{\mu},480$ dans le bleu. On voit donc que, tant au point de vue du sens de l'effet qu'au point de vue de la sensibilité dans le spectre, les piles photovoltaïques décrites (à Cu^2O cristallin) peuvent être comparées aux piles sèches à couche de barrage de deuxième catégorie. L'effet photovoltaïque, de ces piles, peut donc recevoir une explication électronique analogue à celle proposée pour les piles sèches à couche de barrage, avec cette différence qu'il faut encore expliquer le passage du courant à travers l'électrolyte.

2. Prenons maintenant *des piles à électrodes de cuivre recouvertes d'une couche mince de sous-oxyde de cuivre obtenue par voie humide* (²). Ces piles donnent un effet photovoltaïque *négatif*. On pourrait penser à comparer ces piles aux piles sèches à couche de barrage *de première catégorie* (à grille) pour lesquelles le courant des photoélectrons est du même sens et pour lesquelles on admet que la couche de barrage est située entre le sous-

(¹) G. Athanasiu, *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 94.

(²) G. Athanasiu, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 766.

oxyde et la lame de cuivre. Mais les courbes de sensibilité sont cette fois différentes. En effet, la courbe de sensibilité de la pile à couche de barrage à grille montre un maximum vers $\lambda\, 0^{\mu},630$ et la sensibilité s'étend assez loin dans l'infrarouge pendant que l'effet photovoltaïque possède un maximum de sensibilité qui oscille entre $\lambda\, 0^{\mu},500$ et $0^{\mu},580$ et un seuil situé à $\lambda\, 0^{\mu},630$. Des expériences, que je décrirai ailleurs, montrent qu'on ne peut pas invoquer l'épaisseur moindre de la couche de sous-oxyde pour expliquer le sens différent de l'effet et qu'il faut interpréter autrement ce changement. On admet, par exemple, l'hypothèse d'une réaction photochimique d'oxydation.

3. Des difficultés analogues se posent, encore plus nettement, pour les électrodes Ag — AgI, $Hg — Hg^2I^2$, etc., pour lesquelles l'effet photovoltaïque peut être inversé quand on change l'électrolyte de la pile (1) et pour lesquelles il est facile de soutenir l'hypothèse d'une réaction photochimique avec intervention de l'électrolyte.

4. Un autre cas est celui d'une pile photovoltaïque à électrodes d'argent recouvertes d'une couche épaisse, cristalline, de sulfure d'argent. L'effet photovoltaïque est, dans ce cas, *négatif :* les photoélectrons vont dans le sens sulfure d'argent → électrode d'argent et la couche de barrage serait située au contact du sulfure avec l'électrode d'argent. On serait dans le cas de la pile à couche de barrage de première catégorie (à grille). Mais si l'on constitue, avec les mêmes électrodes, une pile sèche à sulfure d'argent, à grille, les électrons photoélectriques ne circulent pas dans le sens ici indiqué pour la pile photovoltaïque; ils se déplacent dans le sens $Ag^2S \rightarrow$ grille (*loc. cit.*). La comparaison entre les deux sortes de piles n'est donc pas possible.

En résumé, l'hypothèse des couches de barrage, sous la forme employée pour expliquer le fonctionnement des piles photoélectriques sèches à sous-oxyde de cuivre, ne peut pas servir comme explication générale du phénomène photovoltaïque. Si elle convient aux piles à électrodes $Cu — Cu^2O$ (cristallin), elle ne peut pas expliquer le fonctionnement de beaucoup d'autres piles photovoltaïques et surtout de celles pour lesquelles on a des raisons sérieuses d'admettre la production des réactions photochimiques avec intervention éventuelle de l'électrolyte. Naturellement, on peut encore envisager l'existence de couches de barrage dans le cas de ces dernières piles photovoltaïques, mais la constitution de ces couches (pelli-

---

(1) G. Athanasiu, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 786.

cule de gaz adsorbés, couche de passage formée par les ions de l'électrolyte, altération chimique de la surface des électrodes) et la façon dont elles fonctionnent, sont évidemment différentes de celles admises pour les piles sèches.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoirs rotatoires naturel et magnétique de la vapeur de pinène.* Note de M. **Pierre Gabiano**, transmise par M. A. Cotton.

Le pouvoir rotatoire *naturel* d'une vapeur a été mesuré pour la première fois par Gernez, qui a observé la rotation produite par la vapeur d'essence de térébenthine, à la température d'ébullition du liquide, sous la pression atmosphérique. Dans ces conditions, le pouvoir rotatoire *spécifique* de la vapeur a été trouvé très sensiblement égal au pouvoir rotatoire spécifique du liquide. Le même résultat a été obtenu ensuite dans le cas du camphre; il a été étendu, plus tard, à d'autres corps actifs (dérivés amyliques) par Guye.

Ces faits montrent que le pouvoir rotatoire moléculaire *naturel* ne subit pas de variation brusque dans un changement d'état physique; le pouvoir rotatoire *magnétique* moléculaire subit au contraire, une variation importante, fonction de l'indice du liquide (1). Cette différence dans l'allure des deux pouvoirs rotatoires d'un même corps est d'ailleurs prévue par la théorie moléculaire de la propagation de la lumière dans les milieux dissymétriques, sous la forme qui a été développée par R. de Mallemann.

L'appareil que nous avons construit pour la mesure du pouvoir rotatoire magnétique des vapeurs nous a permis d'observer la vapeur de pinène *sous une très faible pression,* la température étant inférieure à 100°, conditions assez différentes de celles des mesures de Gernez. Nous avons opéré, de plus, sur un corps défini, le pinène α pur, obtenu par distillation de l'essence d'Alep, et nous avons pu mesurer successivement la rotation naturelle et la rotation magnétique de la vapeur, dans les mêmes conditions de pression et de température.

I. Pouvoir rotatoire naturel :

a. Liquide. — Constantes mesurées :

$$d_{19^\circ} = 0,864, \qquad [\alpha]_{546} = 56^\circ,5 \text{ (2)}, \qquad n_{19^\circ} = 1,468.$$

(1) P. Gabiano, *Annales de Physique*, 10e série, 20, 1933, p. 68.

(2) M. Darmois avait trouvé : $[\alpha]_{546} = 57^\circ,4$.

b. Vapeur. — Température : 88° :

Pressions (réduites)..........	39^{mm}	$54^{mm},5$	61^{mm}	64^{mm}
Rotations ($\lambda = 546^{m\mu}$)........	$0°,90$	$1°,23$	$1°,37$	$1°,44$
Dispersion : $\alpha_{546}/\alpha_{578}$.........	$1,14$	(identique à celle du liquide)		

Les nombres du tableau montrent que, dans les limites particulières de cette expérience, la *rotation naturelle varie proportionnellement à la pression du gaz, autrement dit, le pouvoir rotatoire spécifique de la vapeur est indépendant de la densité, à température constante.*

La densité de la vapeur étant faible, on peut, sans grande erreur, calculer le pouvoir rotatoire spécifique, à partir de la densité théorique : $d_0^{760} = 0,0061$.

La longueur totale du tube, comptée entre les deux glaces étant 64^{dm}, on trouve ainsi

$$[\alpha]_{546} = 1,44 \frac{760 \times 361}{0,0061 \times 64 \times 273 \times 64} = 57°,6.$$

A la précision des mesures, ce nombre doit être considéré comme identique au pouvoir rotatoire spécifique du liquide (mesuré à 19°). Il semble permis de conclure que le pouvoir rotatoire spécifique (ou moléculaire) du pinène est sensiblement indépendant de la densité du corps.

II. Pouvoir rotatoire magnétique. — La rotation a été nettement observée, mais elle est très faible, dans les conditions de l'expérience. La moyenne de lecture, correspondant aux rotations *doubles*, est $0°,14$ ($\lambda = 546^{m\mu}$), sous la pression de 64^{mm}, la différence de potentiel magnétique appliqué étant 6×10^5 C. G. S.

Nous en déduirons la *constante de Verdet*, rapportée aux conditions normales,

$$\Lambda_0^{760} = 4,2 \frac{760 \times 361}{64 \times 273 \times 6 \times 10^5} = 11.10^{-5} \text{ (minutes)} \quad (^1),$$

d'où la constante *moléculaire*

$$[\Lambda]_M = 2,45 \text{ minutes ou } 71.10^{-5} \text{ radians.}$$

La rotation magnétique du pinène α *liquide* a déjà été mesurée par M. Darmois; il a trouvé comme rotation spécifique $2,29.10^{-2}$ minute

(1) C'est la plus grande valeur obtenue jusqu'ici : ce résultat pouvait être prévu par les règles d'additivité des rotations magnétiques des corps à l'état gazeux que M. de Mallemann et moi avons établies.

pour la raie verte du mercure. D'après nos mesures, la rotation spécifique de la vapeur est $1,80.10^{-2}$ et le rapport des deux rotations égal à 0,77, nombre très voisin du rapport théoriqne, calculé à partir de l'indice du liquide.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corpuscules ultrapénétrants du rayonnement cosmique*. Note de MM. **Pierre Auger** et **Paul Ehrenfest**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Les analyses du rayonnement cosmique permettent de distinguer deux groupes de corpuscules, de pouvoirs pénétrants différents. Les uns, qui sont capables de traverser plusieurs dizaines de centimètres de plomb sans être arrêtés, forment un groupe ultrapénétrant que l'on peut supposer primaire, c'est-à-dire venant directement des espaces extérieurs à l'atmosphère terrestre. Le second groupe, qui est au contraire totalement arrêté par 5 à 6^{cm} de plomb, pourrait être nommé secondaire, ou peut-être plutôt *groupe local*, car les corpuscules qui le composent ne peuvent parcourir que quelques centaines de mètres d'air normal, et sont donc toujours observés au voisinage de leur lieu de formation. Ainsi, par exemple, le groupe local observé à 3000^{m} d'altitude est absorbé par l'atmosphère bien avant d'atteindre le niveau de la mer, et le groupe local observé à ce dernier niveau doit donc s'être reformé entièrement à nouveau dans l'atmosphère qui les sépare.

2. La proportion relative de ces deux groupes dans le rayonnement complexe que l'on trouve à toute altitude peut être évaluée par deux méthodes : celle des compteurs à coïncidences disposés dans un plan vertical et séparés par des écrans variables (Rossi, Benedetti, P. Auger et Leprince-Ringuet) et celle de la chambre de Wilson dans un champ magnétique (Anderson, Kunze). Dans la première, on sélectionne les particules d'après leur pouvoir de pénétration, dans la seconde d'après leur énergie; pour passer de l'une à l'autre, il faudra connaître la perte d'énergie correspondant à la traversée de 1^{cm} de plomb : nous admettrons, d'après Anderson, qu'elle est d'une cinquantaine de millions de volt-électrons (50 MVe).

Dans ces conditions, la comparaison des résultats expérimentaux obtenus par les deux méthodes montre un désaccord portant surtout sur la valeur du groupe le plus pénétrant : les expériences par compteurs exige-

raient, au niveau de la mer, que 40 pour 100 des corpuscules aient une énergie supérieure à 5 milliards de volt-électrons; celles faites avec la chambre à détentes en montrent tout au plus 25 pour 100 supérieures à 4 milliards de volt-électrons. D'autre part on a soupçonné la méthode des coïncidences de ne pas donner de résultats corrects lorsque plusieurs centimètres de plomb séparent les compteurs, les coïncidences seraient alors, en majeure partie, dues à des gerbes d'électrons et de photons, et non à des particules solitaires (Millikan). Une réponse très élégante a été faite par Rossi (Congrès international de Londres 1934). Il nous a semblé que l'application d'une méthode mixte pouvait éclaircir le problème.

3. Nous avons fait fonctionner quatre compteurs en coïncidence dans un plan vertical, deux d'entre eux au-dessus d'un écran de 50^{cm} de plomb, les deux autres au-dessous. Une chambre de Wilson commandée par les coïncidences de ces compteurs pouvait être disposée entre les deux premiers ou les deux autres. Dans le premier cas, elle donnait les trajectoires des particules capables, après l'avoir parcourue, de traverser le demi-mètre de plomb; dans le second cas, elle photographiait le phénomène responsable du déclenchement des deux compteurs placés sous le plomb. Les coïncidences quadruples étant assez rares, dans ces conditions, il fallait attendre souvent plus d'une heure avant d'avoir un cliché.

4. La chambre étant au-dessus du plomb, sur 34 clichés, 28 plaques portent une trajectoire verticale solitaire. Deux clichés présentent des trajectoires obliques ou de faible énergie. Trois ne montrent rien, et la dernière porte une gerbe très dense, comportant plus de 50 trajectoires, et qui semble provenir du plafond de la pièce de travail. La chambre de Wilson étant au-dessous du plomb, sur 35 clichés il y en a 27 portant des trajectoires verticales solitaires identiques à celles obtenues au-dessous du plomb (dans quelques cas une trajectoire secondaire, molle, l'accompagne). Quatre plaques montrent des trajectoires obliques ou de faible énergie, et quatre autres n'ont rien. Étant donné que les coïncidences fortuites ne sont pas tout à fait négligeables sur des temps aussi longs, et que les conditions géométriques n'excluent pas la possibilité pour une trajectoire rectiligne de traverser les quatre compteurs et de ne passer qu'à travers une partie inefficace de la chambre (parois, régions non éclairées), on peut considérer ce résultat comme définitivement en faveur de l'existence de corpuscules capables de traverser 50^{cm} de plomb sans déviation notable, corpuscules auxquels on doit attribuer les coïncidences entre compteurs verticaux

séparés par de grandes épaisseur de plomb. Ce sont donc là les particules du groupe ultrapénétrant, très probablement primaire, du rayonnement cosmique (lequel ne peut donc être constitue uniquement par des photons).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fréquence des bandes de rotation et de vibration et la réactivité chimique des molécules, dans l'état gazeux*. Note de M. **Wilfried Heller**, transmise par A. Cotton.

Un des problèmes de la cinétique des réactions est d'étudier les relations qui existent entre la réactivité chimique des molécules et leur état énergétique. Nous avons signalé récemment (1), qu'il y a un parallélisme entre la force élastique qui lie un atome à l'atome central d'une molécule (telle qu'elle se calcule à l'aide des spectres Raman) et la disposition de cet atome à une réaction chimique. Nous indiquons ici un autre parallélisme que nous ne savons pas encore expliquer, mais qui semble être intéressant. Nous considérons, à l'état de vapeur, des alcools ROH et les composés chlorés correspondants RCl. Dans le tableau ci-après nous rapprochons le déplacement qu'éprouve une bande OH du proche infrarouge dans l'alcool, lorsqu'on change le radical R, avec la variation que la réactivité chimique des vapeurs de RCl éprouve quand on change de même le radical R. Nous avons pris les données spectrographiques dans une étude de A. Naherniac (2) et les données chimiques dans un travail de H. v. Hartel, N. Meer et M. Polanyi (3).

Les colonnes 2 et 3 contiennent les nombres d'ondes n et n' des deux maxima d'une bande OH. La colonne 4 présente, en valeur relative, le nombre des chocs Σ, qui sont nécessaires pour qu'une molécule RCl soit entraînée à la réaction

$$RCl + Na \rightarrow R + NaCl.$$

Il est bien évident que cette comparaison est critiquable sur quelques points. Faute des données expérimentales nécessaires (pour l'état gazeux), nous ne comparons pas les places des bandes et les réactivités pour les mêmes groupes de composés : or OH et Cl peuvent n'être pas aussi solidement liés au reste de la molécule. Mais lorsqu'il s'agit dans les deux cas

(1) W. Heller et M. Polanyi, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1118.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1685.
(3) *Zeitschr. physikal. Chem.*, (B), 19, 1932, p. 139.

des groupes électronégatifs, on peut supposer qu'un changement de R influe dans le même sens sur la solidité de liaison de R-Cl et R-OH. Une difficulté plus grande consiste dans le fait qu'il n'y a pas une relation simple entre la solidité de liaison d'un atome et les vibrations propres intramoléculaires. De plus, on ne considère pas dans le tableau un système de bandes tout entier (qui n'est pas encore établi), mais seulement une seule bande.

Substance.	n(R—OH).	n'(R—OH).	Σ(R—Cl).
I.			
$CH^3—x$	10557	10524	10000
$CH^3—CH^2—x$	10530	10488	7000
$CH^3—CH^2—CH^2—x$	10508	10456	4400
$CH^3—CH^2—CH^2—CH^2—x$	10508	10456	3300
$CH^3—(CH^2)^7—x$	10501	10458	-
II.			
$CH^3—CH^2—CH^2—CH^2—x$	10508	10456	3300
$CH^3—CH^2—\underset{x}{CH}—CH^3$	-	-	2200
$\begin{smallmatrix}CH^3\\CH^3\end{smallmatrix}\rangle\underset{x}{C}—CH^3$	-	-	1500
$CH^3—CH^2—CH^2—CH^2—CH^2—x$	10508	-	2200
$\begin{smallmatrix}CH^3\\CH^3\end{smallmatrix}\rangle\underset{x}{C}—CH^2—CH^3$	10413	-	600
III.			
$CH^3—CH^2—CH^2—x$	10508	10456	4400
$CH^2=CH—CH^2—x$	10493	10454	250
$CH^3—x$	10557	10524	10000
$C^6H^5—CH^2—x$	10487	10433	∼1
IV.			
$CH^3—x$	10557	10524	10000
$H\underset{O}{\overset{}{C}}—x$ (C=O)	10227	10194	-
$CH^3—CH^2—x$	10530	10488	7000
$CH^3—\underset{O}{C}—x$ (C=O)	10248	-	100
$CH^3—CH^2—CH^2—x$	-	-	4400
$CH^3—\underset{O}{C}—CH^2—x$ (C=O)	-	-	10

Tout en considérant cela, il est remarquable qu'une diminution de la fréquence de OH au cours d'un passage de R — OH à R′ — OH correspond sans exception à une augmentation de la réactivité à la suite du passage correspondant de R — Cl à R′ — Cl. Le parallélisme s'observe dans les quatre cas indiqués, où les changements du radical R sont trés différents de l'un à l'autre. Il semble donc qu'on pourrait lui attribuer une certaine valeur pratique. Car, en considérant, d'une part, d'autres résultats de v. Hartel, Meer et Polanyi et, d'autre part, de Naherniac, elle fait supposer les régularités suivantes qui ne sont pas encore connues pour l'état gazeux :

1° une diminution de la fréquence de la bande OH considérée lorsque l'on considère les changements s'effectuant dans les sens indiqués ici :

$$CH^3 - CH^2OH \rightarrow CH^2OH - CH^2OH,$$
$$CH^3 - CH^2 - CH^2OH \rightarrow CH^3 - CO - CH^2OH,$$
$$CH^2 = CHOH \rightarrow CH^3 - CH^2OH.$$

2° une diminution de la réactivité des composés halogénés lors des changements suivants :

$$CH^3 - CH^2 - CH^2Cl \rightarrow {CH^3 \atop CH^3}\!\!>CHCl$$
$$HCOCl \rightarrow CH^3COCl \rightarrow CH^3 - CH^2 - COCl.$$

Le parallélisme considéré ici ne s'observe pas seulement pour l'état gazeux mais aussi quelquefois pour le cas plus complexe de l'état liquide.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur l'absorption de l'azote par fusion du fer dans l'arc et le diagramme fer-azote.* Note de MM. **A. Portevin** et **D. Seferian**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'absorption de l'azote par le fer lors de sa fusion à l'arc dépend, en outre, du degré d'excitation de l'arc (intensité, voltage ou longueur de l'arc dont l'augmentation accroît la teneur en azote), des facteurs suivants : nature du gaz excité (N^2 pur, mélanges $N^2 + nH^2$, NH^3); nature des éléments alliés au fer (tels que C, Mn, Ti, etc. qui diminuent l'absorption d'azote).

Pour réduire cette absorption, on protège l'électrode en fer contre l'atmosphère extérieure par un enrobage; l'effet obtenu dépend de la nature et de l'épaisseur de l'enrobage.

C'est ainsi que la figure 1 montre la décroissance d'absorption de l'azote avec l'épaisseur de l'enrobage, ou le rapport section de l'enrobage/section du métal, dans le cas du fer Armco avec enrobage « neutre » formé d'un mélange de feldspath et oxyde de fer (47 pour 100 Fe^2O^3, 40 pour 100 SiO^2, 8 pour 100 Al^2O^3).

Dans les conditions les plus favorables d'absorption (fusion à l'arc du fil nu, arc long 6 à 7^{mm} 180 ampères), la teneur en azote est de l'ordre de 0,18 à 0,20 pour 100. Mais cette teneur peut être dépassée en ayant recours à

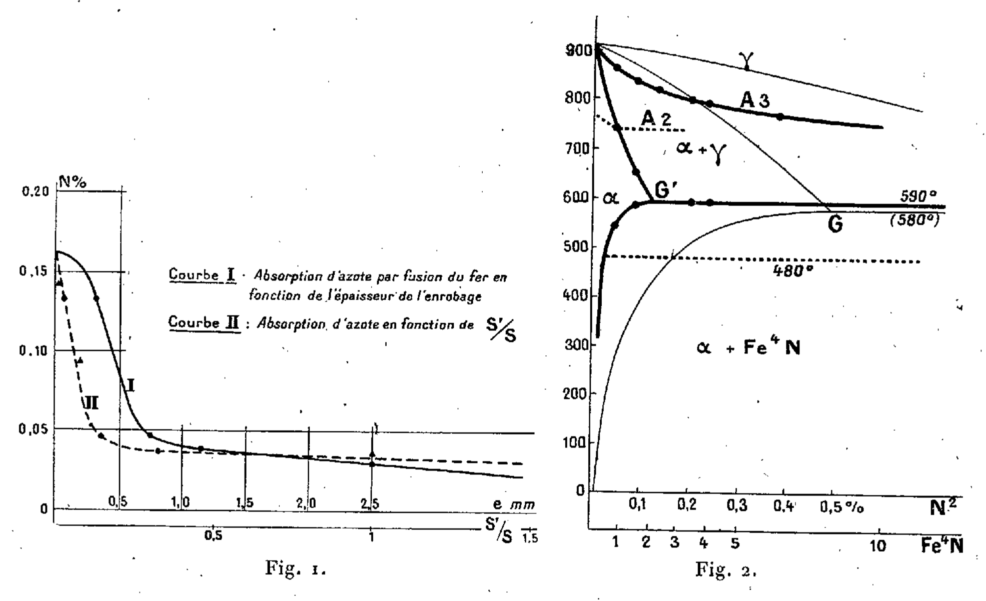


Fig. 1. Fig. 2.

l'azote excité entre deux électrodes de tungstène (40 à 60 ampères sous 100 volts) lequel se dissocie partiellement en atomes neutres (spectre de raies de N_1) ([1]). La fusion du fer dans la « *flamme* » *d'azote atomique* provoque la formation d'une grande quantité de nitrures Fe^4N (0,25 à 0,40 pour 100 N^2) croissant avec l'intensité.

Les résultats de l'étude micrographique des échantillons ainsi nitrurés par fusion ne concordant pas avec le diagramme fer-azote tracé par Fry ([2]), nous avons repris l'étude de ce diagramme dans le domaine 0-0,50 pour 100 d'azote, par analyse dilatométrique ([3]).

([1]) D. Séférian, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 68 et 358.
([2]) *Stahl und Eisen*, 62, 1923, p. 1272.
([3]) P. Chevenard et A. Portevin, *Rev. Mét.*, 22, 1925, p. 357.

Des échantillons à teneurs variables en azote ont été préparés par fusion, soit à l'arc ($N^2 = 0,05$, $0,09$, $0,14$, $0,20$ pour 100), soit par la « flamme » d'azote atomique ($N^2 = 0,20$ pour 100).

La figure 2 donne le diagramme ainsi tracé comparativement au diagramme de Fry (tracé en trait fin).

Pour un échantillon à teneur supérieure à 0,14 pour 100 N^2, les courbes dilatométriques accusent une anomalie à température constante ($\theta = 590°$C.) correspondant à l'eutectoïde sol. α-Fe^4N ou *braunite*, et d'amplitude croissant linéairement avec la teneur en azote, ce qui permet de déterminer la limite de solubilité du nitrure dans la phase α pour la température eutectoïde (G' du diagramme, *fig.* 2), et de la situer à 0,13 pour 100 N^2, teneur pour laquelle l'amplitude de l'anomalie devient nulle.

Pour les échantillons à plus faible teneur en azote, l'anomalie disparaît, avec apparition de deux points singuliers faiblement marqués, d'autant plus éloignés que la teneur en azote de l'échantillon est plus faible, et qui correspondent aux limites du domaine de la solution α.

L'étude thermomagnétique avec l'appareil Chevenard indique un léger abaissement (qui atteint 20°) du point de Curie du fer, avec la teneur en azote; le point de Curie du nitrure Fe^4N étant à 480°.

Ce nouveau diagramme a été contrôlé par l'étude micrographique des échantillons à teneur croissante en azote et ayant subi des traitements thermiques variés ; trempes et recuits à des températures situées dans les différents domaines α, $\alpha + \gamma$, γ. A partir des états trempés α et γ on peut observer des phénomènes de durcissement par précipitation (vieillissement).

EFFET RAMAN. — *L'effet Raman des mélanges binaires d'acides sulfurique et nitrique*. Note de M. **Louis Médard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Comme suite à l'étude antérieure de l'effet Raman des acides sulfurique ([1]) et nitrique ([2]) absolus, nous avons entrepris celle de leurs mélanges binaires. Il est difficile d'opérer sur des mélanges rigoureusement anhydres; mais dans les cas les plus défavorables ces mélanges ne renfermaient pas plus de 0,4 pour 100 d'eau. Les spectres de diffusion de

---

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 582.

([2]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 833,

ces mélanges $SO^4H^2 - NO^3H$ ont permis de faire les observations suivantes :

1° Les spectres montrent une raie Raman n'appartenant ni à SO^4H^2 ni à NO^3H; cette raie de fréquence 1400 cm^{-1} environ, est très intense et très fine. Sa position paraît indépendante de la composition du mélange; les variations, si elles sont réelles, n'excèdent pas ± 4 cm^{-1}.

Une particularité remarquable de cette raie est l'intensité avec laquelle elle apparaît dès les plus faibles valeurs de la teneur en SO^4H^2 du mélange; moins de 5/100000e d'acide sulfurique dans l'acide nitrique suffit à la faire apparaître dans les spectres de diffusion. Comme l'acide nitrique absolu est généralement obtenu en distillant un mélange de l'acide ordinaire avec de l'acide sulfurique à 66° Baumé, et qu'il renferme, par suite, des traces de SO^4H^2, ses spectres Raman montrent presque toujours l'indication de la présence d'une raie à 1400 cm^{-1} ; par contre on ne la voit plus en employant une substance rendue bien exempte d'acide sulfurique par redistillation sur du nitrate de baryum.

Le cas d'une raie Raman apparaissant avec une telle intensité dans le spectre d'un liquide quand il renferme 1/10000e d'impureté est jusqu'à présent unique. On sait qu'en général, avec les conditions actuelles de la technique, le spectre de diffusion d'un mélange binaire ne révèle plus la présence d'un des constituants si sa teneur s'abaisse au-dessous de 0,4 ou 0,3 pour 100.

Cette raie 1400, que nous appellerons désormais *raie sulfonitrique*, doit être attribuée à une association moléculaire des acides sulfurique et nitrique, comme nous le prouverons dans une prochaine Communication.

2° Toutes les autres raies des spectres sont connues comme appartenant soit au spectre de SO^4H^2 pur, soit à celui de NO^3H pur, et se présentent avec les caractères qu'elles ont chez les constituants. Quand la concentration de l'acide nitrique diminue, les fréquences de la plupart des raies auxquelles il donne naissance augmentent; par exemple, les raies 612, 674, 922, 1295 de NO^3H seul, se trouvent respectivemeut à 630, 688, 943 et 1320 dans le spectre du mélange NO^3H : 40 — SO^4H^2 : 60. Cet effet de la dilution est analogue, de même signe et du même ordre de grandeur que celui observé dans les mélanges binaires $NO^3H - H^2O$ (*loc. cit.*).

Les deux raies voisines 390 et 430 de l'acide sulfurique concentré sont visibles et nettement séparées dans tous les mélanges ne renfermant pas plus de 40 pour 100 de NO^3H; pour les mélanges moins riehes en SO^4H^2, elles se fondent en une seule raie, large, vers 420 cm^{-1}.

Aucun de ces mélanges binaires ne montre la raie 990 caractéristique de l'ion $(SO^4)^{--}$; mais, on y aperçoit une raie faible vers 1050 cm^{-1} et assez large pour pouvoir être considérée comme résultant de la superposition des fréquences 1048 de l'ion $(NO^3)^-$, et 1050 de l'ion $(SO^4H)^-$.

3° On sait que, sans une purification spéciale, l'acide sulfurique donne des spectres de diffusion complètement masqués par la fluorescence. Or, tous les mélanges $SO^4H^2-NO^3H$ étudiés donnent de beaux spectres, exempts de fonds continus, même s'ils sont préparés au moyen d'un acide sulfurique optiquement impur. Ceci montre que, dans ce cas, la fluorescence est le fait d'impuretés facilement oxydables, que l'acide nitrique détruit à froid. Il en résulte une méthode de purification de l'acide sulfurique concentré plus simple que l'oxydation permanganique indiquée antérieurement (*loc. cit.*); elle consiste à additionner l'acide à purifier de quelques gouttes d'acide nitrique; son seul inconvénient est de faire apparaître la raie sulfonitrique dans le spectre Raman de l'acide.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Cinétique et énergie d'activation de la décomposition thermique de la vapeur d'acétaldéhyde.* Note [1] de M. **Letort**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons montré [2] que la loi usuelle : $d(CH^3CHO)/dt = k.(CH^3CHO)^n$ donne deux valeurs pour l'ordre de cette réaction : l'une $n_0 = 3/2$ que nous avons appelée ordre vrai applicable aux vitesses initiales v_0, l'autre n qui rend compte du cours de chaque expérience et qui est voisine de 2 dans une fiole à paroi empoisonnée.

Fletcher et Hinshelwood [3] ayant étudié le même problème mais n'ayant pas recherché la valeur de n_0, nous avons calculé cette grandeur à partir de leurs résultats expérimentaux. Il y a, sur ce point, une excellente concordance entre leurs résultats et les nôtres. De ces deux recherches on peut conclure que l'*ordre vrai* n_0 *de la réaction est* 3/2 *pour toute la zone de pression explorée jusqu'à présent* (0,3 à 1160^{mm} de Hg).

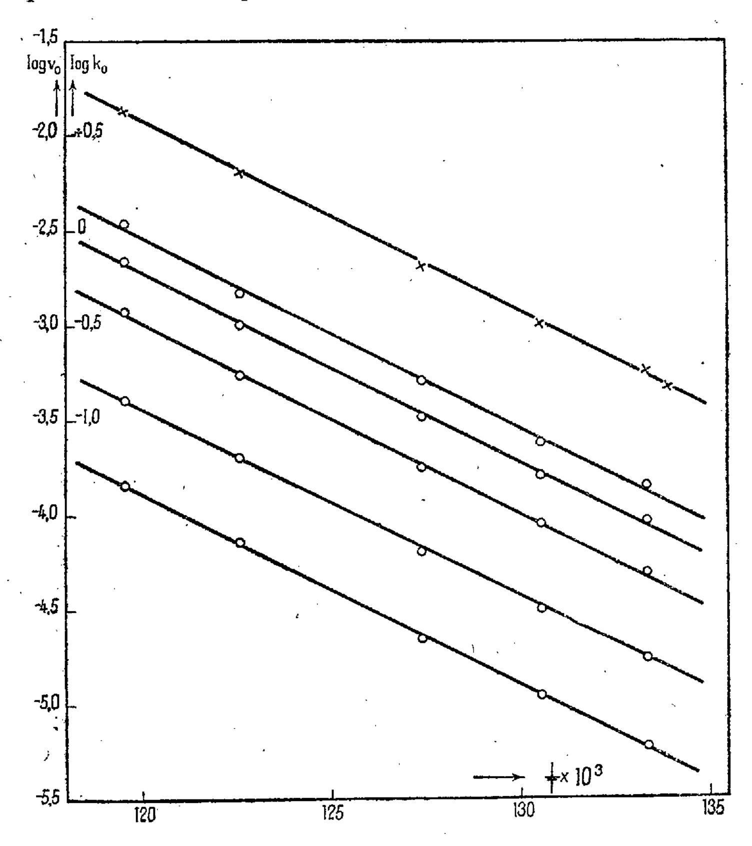
---

(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 351.

(3) *Proc. Roy. Soc.* A, **141**, 1933, p. 41. Les auteurs donnent les valeurs de v_0 pour les pressions supérieures à 10^{mm}. Nous avons déterminé v_0 pour les deux plus faibles pressions étudiées (0,274 et 1,675^{mm}), grâce aux courbes d'expérience reproduites dans le mémoire.

De nos résultats nous avons calculé l'énergie d'activation de la réaction. Pour ce calcul la théorie de l'activation par collision fournit différentes formules qui rendent compte de la variation de la constante de vitesse k



avec la température. C'est la loi d'Arrhenius écrite sous la forme :

$$(1) \qquad \log k = \log C - \frac{E}{2{,}3026\ RT}$$

qui suppose le moins d'hypothèses. C est la constante d'action, E l'énergie d'activation pour une mole, R la constante des gaz et T la température absolue. En se basant sur cette formule et en employant exclusivement les vitesses initiales v_0 qui vérifient la loi :

$$(2) \qquad v_0 = k_0 . c_0^{3/2},$$

c_0 étant la concentration initiale, nous avons calculé E soit grâce aux valeurs de k_0 déterminées pour différentes températures par l'équation (2),

soit en substituant à k_0 dans l'équation (1) les valeurs de v_0 correspondant à une même concentration c_0. Le graphique montre que la courbe $\log k_0 = f(1/T)$ et les courbes $\log v_0 = f(1/T)$ pour cinq concentrations différentes sont des droites, T variant de 473°,5 C. à 564° C. Leur pente est directement proportionnelle à E et l'on tire les valeurs suivantes de E et de C :

	Courbe utilisée.				E (cal/gr).	C ($min^{-1}mol^{-1/2}lit^{1/2}$)
I....	$\log v_0 = f(1/T)$ pour	$8,5546.10^{-3}$	mol-l	(400^{mm} à 477°)	45605	$36,50.10^{11}$
II...	«	6,4159	» »	(300^{mm} à 477°)	45790	36,70 »
III..	»	4,2773	» »	(200^{mm} à 477°)	45605	36,88 »
IV..	»	2,1386	» »	(100^{mm} à 477°)	45820	36,76 »
V...	»	1,0693	» »	(50^{mm} à 477°)	45645	36,89 »
I *bis*.	$\log k_0 = f(1/T)$				45910	36,69 »
	Moyenne......................				45700	$36,70.10^{11}$

Les vitesses initiales permettent donc de calculer que, dans la zone de températures étudiée, l'énergie d'activation d'Arrhenius de la réaction pour une mole est égale à 45,7 kg/cal. La constante de vitesse est donnée par la formule

$$k_0(\text{minute}^{-1}\text{mol}^{-1/2}\text{litre}^{1/2}) = 36,7.10^{11}\, e^{-45700/RT}.$$

Les vitesses v_0 calculées par cette formule diffèrent au maximum de ± 5 pour 100 des vitesses trouvées expérimentalement. Nous montrerons ultérieurement qu'on peut résumer toute la cinétique de la réaction par la formule précédente et par la loi formelle

$$(3)\qquad v = (k_0 c_0^{-1/2}).c^2,$$

v et c étant la vitesse et la concentration à un moment quelconque de la réaction (¹).

Le tableau précédent permet de remarquer qu'une variation de concentration correspondant (pour 447° C.) à un changement de pression de 50 à 400^{mm}Hg n'influe pas sur la valeur de E. Fletcher et Hinshelwood (*loc. cit.*), par un calcul différent, ont trouvé qu'une variation de pression analogue, dans la même région de température entraîne pour E une variation de 55 à 47,7 kg/cal.

(¹) Il est vraisemblable que le terme $c_0^{-1/2}$ de l'équation (3) représente l'influence retardatrice des produits de décomposition. Des expériences sont en cours à ce sujet.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherches sur la réaction de J. H. de Boer.* Note de M. **Raymond Charonnat**, présentée par M. A. Béhal.

J'ai rappelé ([1]) la méthode proposée par J. H. de Boer ([2]) pour la détection de traces de fluor et le dosage volumétrique du zirconium : la coloration rouge violacé obtenue avec l'alizarinesulfonate de sodium et un excès d'un sel soluble de zirconium vire au jaune sous l'influence de divers acides, celle de l'acide fluorhydrique étant particulièrement sensible. Le mécanisme de cette réaction est encore assez obscur; J. H. de Boer a noté que la formation de combinaison zirconique rouge en solution chlorhydrique est limitée aux oxyanthraquinones ayant au moins deux oxhydriles en position 1.2; en milieu presque neutre, il faut au moins 5 ou 6 ions fluor par atome de zirconium pour que la réaction soit complète, alors qu'en milieu chlorhydrique il faut d'autant moins de fluor qu'il y a plus d'hydracide.

La présence de deux oxhydriles en position 1.2 sur le noyau anthraquinonique n'est pas ici indispensable. La 2-oxyanthraquinone fournit avec le nitrate de zirconyle une combinaison jaune orangé, moins stable, il est vrai, vis-à-vis des acides minéraux, que celle de l'alizarine; lié à l'oxygène de l'oxhydrile, le zirconium doit échanger une covalence avec l'oxygène du carbonyle en position para; Pfeiffer ([3]) a formé des combinaisons analogues avec le chlorure d'étain-IV et la 1-oxyanthraquinone (rouge), la 1-oxyxanthone (jaune) ou l'orthoxybenzophénone (jaune).

Lorsqu'on mélange en proportions variables des solutions de nitrate de zirconyle et d'alizarinesulfonate de sodium, on obtient soit une solution limpide, soit un précipité; avec 1 atome de zirconium pour 2^{mol} d'alizarine la solution est jaune orangé; la précipitation du zirconium et de l'alizarinesulfonate est pratiquement complète quand leurs proportions respectives sont de 2 à 1; il faut atteindre ou dépasser le rapport 4 à 1 pour maintenir en solution (rouge violacé) la totalité du zirconium. La combinaison insoluble paraît être un non-électrolyte où les deux paires d'atomes d'oxygène de l'alizarine, oxygène du carbonyle et de l'oxhydrile, couplés d'un côté en position ortho, de l'autre en para, sont liées chacune à un groupement

---

([1]) R. Charonnat et S. Roche, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1325.

([2]) *Rec. Trav. Chim. P.-B.*, **44**, 1925, p. 1071.

([3]) *Lieb. Ann.*, **398**, 1913, p. 137.

de zirconyle; de ce complexe (plus ou moins condensé) dériverait un cation alizarinedizirconyle dont l'alizarinesulfonate est la combinaison orangée et le zirconnitrate la combinaison rouge violacé soluble.

Celle-ci est stable en solution aqueuse, neutre ou alcaline, même pendant plusieurs mois; elle filtre alors sans résidu, mais, après addition d'une petite quantité d'acétate d'ammonium, la solution, qui reste quelque temps limpide, laisse sur le filtre tout son colorant; dans l'électrophorèse l'ion coloré se dirige vers la cathode.

Tous les acides semblent agir de la même façon sur ce réactif, mais les plus hautes concentrations réalisables en liqueur aqueuse (ou alcoolique) ne permettent pas d'observer, pour la plupart d'entre eux, tous les degrés de cette action.

Le premier terme est la floculation complète du colorant; on l'obtient même avec les acides les plus faibles (acide carbonique, hydrogène sulfuré, phénol), en l'absence d'autres acides naturellement. La concentration de l'acide ajouté s'élevant, on voit régresser la précipitation et le réactif dilué prendre une teinte saumon; elle correspond à un mélange d'alizarine-sulfonate libéré, jaune et de complexe zirconalizarine, plus ou moins modifié d'ailleurs par l'anion ajouté, car la nuance de la solution varie avec cet anion. La concentration de l'acide continuant à s'élever, on observe, pour une dizaine d'anions, la mise en liberté complète de l'alizarine sulfonée. Un quatrième stade a été observé pour de fortes concentrations de plusieurs acides minéraux (phosphorique, sulfurique ou mélange chlorhydrique-fluorhydrique) : la couleur jaune de l'alizarine, d'abord intégralement libérée, disparaît au bout de quelques heures, tandis que les mêmes quantités d'acide et d'alizarine sulfonée ne se décolorent pas en l'absence de zirconium.

En solution chlorhydrique les proportions de fluor nécessaires à la libération totale de l'alizarine sulfonée sont bien supérieures à celles indiquées par J. H. de Boer; en vérité la réaction est toujours incomplète et limitée par un équilibre; avec 50^{cm^3} d'eau, 5^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et 5^{cm^3} de réactif (contenant par litre $0^{gr},17$ d'alizarinesulfonate de sodium et $0^{gr},87$ de nitrate de zirconyle) il faut, non pas $1^{mg},6$ d'ion fluor (6 F pour 1 Zr), mais 7^{mg} pour obtenir la disparition pratiquement complète du précipité rose rassemblé en 24 heures. En présence de teneurs croissantes en acide chlorhydrique, les quantités de fluor nécessaires à la décomposition du même volume de réactif vont en diminuant; la concentration de l'hydracide atteignant 8,45 N, dans un mélange contenant 5^{cm^3}

de réactif pour 60$^{cm^3}$, la décomposition pratiquement totale est obtenue sans fluor. Chaque acide est ainsi caractérisé par une concentration minimum : FH : 0,001 N; PO^4H^3 : 0,16 N; SO^4H^2 : 4,1 N; BrH : 10,5 N.

Il est remarquable que les acides fluorhydrique et orthophosphorique sont aussi ceux qui provoquent la floculation du réactif aux plus faibles concentrations : cette réaction de floculation a pour l'acide phosphorique la même sensibilité que la réaction nitromolybdique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Microdosage de la caféine par colorimétrie.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. A. Desgrez.

La caféine, dans les diverses substances qui la renferment, est habituellement dosée pondéralement après isolement, finalement, à l'état de solution chloroformique, par évaporation de ce liquide.

Dans ce procédé, on admet que les manipulations nécessaires pour amener le produit à doser en solution dans le chloroforme, n'introduisent pas, dans ce dissolvant, d'autres substances que la caféine.

C'est généralement exact, mais il n'est guère de moyen de s'en assurer, le caractère cristallin du résidu n'étant pas un indice certain d'une purification absolue.

De plus, les quantités inférieures des produits à doser sont fortement limitées par la sensibilité des balances de précision ordinaires.

L'application, à la caféine, d'une transformation complète de la réaction qualitative des xanthides qui porte le nom de Weidel et sera développée ailleurs, nous a permis de doser rapidement, par colorimétrie, et spécifiquement dans des conditions où l'on peut aisément se placer, des quantités de cet uréide comprises entre 1 et 20 dixièmes de milligramme, en opérant comme suit :

La solution chloroformique de caféine est évaporée à siccité, à une très douce chaleur, dans une capsule de porcelaine, à manche, d'environ 5^{cm} de diamètre, et son résidu est additionné de VI gouttes d'eau bromée, saturée à froid, et d'acide chlorhydrique pur ($D = 1,18$ ou $1,19$) étendu de 9 fois son volume d'eau. L'acide chlorhydrique dit *normal* (1 molécule-gramme par litre) convient parfaitement à cet usage.

Agitant alors rapidement et constamment la capsule, d'un mouvement giratoire continu, suivant un cercle d'assez court rayon ayant pour centre la pointe de la flamme d'un brûleur Bunsen et dont le plan coupe la partie

supérieure de cette flamme, on évapore le liquide à siccité et l'on continue à chauffer, toujours dans les mêmes conditions, jusqu'à ce que l'enduit soit, en totalité, devenu rouge-orangé, sans traces de jaune et, évidemment, sans calcination. On se fait, très vite, à ce point un peu délicat de l'opération.

Lorsqu'il est atteint, on ajoute, dans la capsule, 10^{cm^3} d'eau distillée, I goutte d'une solution à 5 pour 100 [1] d'acétate mercurique, on agite avec une baguette de verre afin de dissoudre le résidu — ce qui est très rapide — et l'on introduit le liquide coloré dans un tube à essai de 12 à 15^{mm} de diamètre.

On compare, alors, la teinte de ce liquide avec celle de liquides colorés étalons préparés, dans des conditions aussi identiques que possible, avec des quantités de caféine de 1, 2, 4, 6, 8, 10 et 12 dixièmes de milligramme qu'on mesurera à l'aide d'une solution de caféine pure, dans l'acide chlorhydrique dilué, renfermant 20^{cg} de cet uréide pur dans 100^{cm^3} de véhicule et dont I goutte (comptée au compte-gouttes normal) représente bien $0^{mg},1$ de caféine. La coloration grenadine de ces étalons est très stable.

Si, dans cette technique, on remplace l'acétate de mercure par l'acétate de zinc de même titre [2] (II gouttes de ce réactif et I goutte d'acide acétique) la coloration obtenue est jaune et se prête aussi, très bien, à une comparaison par coloriscopie.

Enfin la simple dissolution, dans l'eau, du résidu rouge orangé de la dessiccation peut, à la rigueur, fournir des liquides roses permettant un dosage de la caféine par colorimétrie, mais avec moins d'avantage, toutefois, que lorsqu'on se sert d'acétate de mercure ou de zinc.

Il va sans dire que la tenenr en caféine, des prises d'essai, doit être comprise entre 1 et 12 à 16 dixièmes de milligramme, au plus, si l'on veut avoir de bons dosages. Mais cette condition est facilement remplie par une dilution appropriée de la solution chloroformique mère, quelle que soit la teneur de cette solution en principe actif.

---

(1) Cette solution sera ainsi préparée : dissoudre, à chaud, 5^g d'acétate de mercure dans 100^{cm^3} d'eau acidulée de 2^{cm^3} d'acide acétique cristallisable.

(2) Préparé en dissolvant, à chaud, 5^g d'acétate de zinc dans 100^{cm^3} d'eau acidulée par 2^{cm^3} d'acide acétique cristallisable, ou 3^g d'oxyde de zinc, précipité, dans 6^{cm^3} d'acide acétique cristallisable et suffisamment d'eau distillée pour obtenir un volume total de 100^{cm^3}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation vinylique et hydrobenzoïnique des α-glycols cyclaniques. Extension de la transposition hydrobenzoïnique à la série cyclanique.* Note de M. **M. Tiffeneau** et Mlle **B. Tchoubar**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons constaté récemment [1] que dans la déshalogénation magnésienne des halohydrines des méthyl-1-cyclohexanediols-1.2 et de leurs homologues, les isomères *cis* ne se comportent pas de la même manière que les *trans* correspondants [2]. Tandis que les uns donnent lieu exclusivement à une transposition semipinacolique comportant la formation d'une cétone avec raccourcissement du cycle (acétylcyclopentane et ses homologues), les autres sont déshalogénés avec formation prépondérante d'une cyclohexanone non transposée.

Nous nous sommes proposé de rechercher si de telles différences de comportement peuvent être observées dans l'action des agents déshydratants sur les glycols *cis* et *trans* correspondants. Nous avons examiné à cet effet la déshydratation catalytique, non encore étudiée jusqu'ici, des deux orthocyclohexanediols *cis* et *trans* et des deux *o*-méthylcyclohexanediols également *cis* et *trans*. Dans tous les cas la déshydratation de ces glycols a été effectuée dans les mêmes conditions, à savoir en faisant passer sur Al^2O^3 à 250-300° les vapeurs du glycol obtenues en chauffant celui-ci sous un vide de 20^{mm} avec rentrée d'azote. Les rendements en produits de déshydratation ont varié suivant les glycols de 35 à 90 pour 100. Chaque isomère a fourni un produit différent ou un mélange en proportions inégales de produits différents.

I. *Déshydratation catalytique des cyclohexanediols*-1-2 cis *et* trans [3] :

1° *Cis.* — La déshydratation du *cis* fournit presque exclusivement la cyclohexanone accompagnée de traces d'aldéhyde cyclopentylformique.

2° *Trans.* — La déshydratation du *trans* fournit exclusivement l'aldéhyde cyclopentylformique (semicarbazone, F. 123-124°).

---

(1) Tiffeneau et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 360.

(2) Bartlett et Rosenwald (*J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1990) ont fait des constatations analogues; la chlorhydrine *trans* du méthylcyclohexanediol-1,2 traitée à froid par NaOH à 20 pour 100 fournit l'époxyde correspondant alors que l'isomère *cis* chauffé avec la soude à 33 pour 100 ne fournit pas d'époxyde, mais une cétone transposée, l'acétylcyclopentane.

(3) Préparés d'après Palfray et Rothstein, *Bull. Soc. chim.*, 43, 1928, p. 1122.

On peut admettre que pour le *trans* la déshydratation s'est produite suivant le type hydrobenzoïnique avec migration exclusive du CH^2 qui émigrerait de préférence à l'H voisin, tandis que pour le *cis* la déshydratation s'effectuerait suivant le mode vinylique. Dans les deux cas, elle aurait lieu transversalement, c'est-à-dire d'une part entre l'hydroxyle placé au-dessus du plan du cycle; d'autre part, soit avec l'hydrogène non hydroxylique pour le *cis* (1°), soit avec l'hydrogène hydroxylique pour le *trans* (2°) :

1° (*cis*). Déshydratation vinylique. Migration de H hydroxylique (flèche).

2° (*trans*). Déshydratation hydrobenzoïnique. Migration de CH^2 (flèche).

II. *Déshydratation des deux méthyl-1-cyclohexanediols-*1-2-cis *et* trans (1).

1° *Cis.* — Le dérivé *cis* (F. 68°) est déshydraté vers 250° presque intégralement (90 pour 100 environ), en fournissant surtout la méthyl-2-cyclohexanone et une petite quantité de méthyl-1-cyclopentylformaldéhyde. Il s'agit vraisemblablement d'une déshydratation vinylique, c'est-à-dire d'une déshydratation s'effectuant transversalement entre OH tertiaire et l'hydrogène non hydroxylique du CHOH voisin.

2° *Trans.* — La déshydratation du glycol *trans* (F. 81°) effectuée vers 250° est généralement incomplète (près de 45 pour 100); le produit obtenu contient environ 70 pour 100 d'*o*-méthylcyclohexanone et 30 pour 100 d'aldéhyde méthyl-1-cyclopentylformique-1. On peut supposer que la déshydratation s'est produite exclusivement suivant le mode semihydrobenzoïnique, c'est-à-dire entre l'OH tertiaire et l'H hydroxylique du CHOH voisin, ce qui implique la possibilité d'nne migration du CH^2 avec raccourcissement de cycle (flèche *b*), et du CH^3 sans modification de cycle (flèche *a*) :

1° (*cis*). Déshydratation vinylique. Migration de H hydroxylique (flèche).

2° (*trans*). Déshydratation semihydrobenzoïnique. Migration de CH^3 (*a*) et de CH^2 (*b*).

Si l'on exclut toute possibilité d'isomérisation du *cis* en *trans* et inversement, et si l'on admet que la déshydratation du *cis* a lieu suivant le mode vinylique et la déshydratation du *trans* suivant le mode hydrobenzoïnique, il résulterait des faits ci-dessus que la déshydratation s'effectue plus facilement par élimination transverse que par élimination d'un même côté du plan du cycle. Ainsi pour les glycols *cis* l'élimination d'eau aurait lieu non

---

(1) Préparés d'après BARTLETT et ROSENWALD, *loc. cit.*, p. 1993.

entre les deux hydroxyles placés au-dessus du plan du cycle, mais entre l'un de ces hydroxyles (le tertiaire dans le cas du méthylcyclohexanediol) et l'hydrogène placé dans le plan opposé; de même pour les glycols *trans* l'élimination d'eau se produirait entre les deux hydroxyles placés l'un au-dessus, l'autre au-dessous du plan du cycle.

Une autre conséquence de ces faits est que les transpositions ci-dessus décrites s'effectuant comme dans le type hydrobenzoïnique

$$\mathrm{Ar - CH\,(\underset{|}{O}) - \underset{|}{C}H - Ar}$$

ou semihydrobenzoïnique

$$\mathrm{Ar - CH\,(\underset{|}{O}) - \underset{|}{C}\,(RR)}$$

ce type peut s'appliquer à la série cyclanique. Ce type n'est donc plus l'apanage exclusif des glycols aromatiques dans lesquels une des fonctions alcool, celle qui fournit son hydrogène hydroxylique, est au voisinage d'un radical aryle. Il convient donc, en ce qui concerne cette transposition en série cyclanique, de ne lui conserver son nom que sous les réserves exprimées ci-dessus.

MINÉRALOGIE. — *Étude de la déshydratation de la parasépiolite fibreuse de Madagascar.* Note de Mlle **S. Caillère.**

La nature de l'eau contenue dans les sépiolites est encore assez mal connue. Certains auteurs, comme F. Zambonini ([1]), pensent que ces silicates sont des gels; la plupart, avec M. A. Lacroix ([2]), leur attribuent une composition bien définie sans toutefois leur reconnaître la même teneur en eau de constitution. J'ai essayé de préciser cette question en reprenant l'étude de la déshydratation du minéral d'Ampandrandava ([3]) et en la complétant par un examen aux rayons X des produits de la calcination, à l'aide de la méthode de Debye et Scherrer. Tout d'abord, l'analyse thermique différentielle de ce minéral a été recommencée en utilisant un four à résistance électrique permettant d'atteindre, dans le même temps, une température maxima plus élevée. De cette façon, la sensibilité est plus grande que pré-

([1]) *Atti R. Acc. Napoli*, 14, 1908, p. 77.
([2]) *Bull. Mus. Hist. nat.*, 2, 1896, p. 73.
([3]) S. Caillère, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 416.

cédemment au voisinage de 800°. En effet la courbe obtenue présente bien un premier crochet endothermique vers 400°, mais au lieu de la seconde inflexion à 800° observée dans mon premier essai, elle met en évidence un crochet endothermique entre 760 et 800° suivi d'un léger phénomène exothermique entre 800-850°. Au delà de 850° et jusqu'à 1300°, elle ne décèle aucune transformation. La déshydratation dans le vide (0mm,03 de mercure) de 0g,4510 de cette sépiolite, séchée à l'étuve et ayant perdu 12,06 pour 100 de son poids, a été faite de la façon suivante :

Temps	—	264h	103h	144h	360h	24h
Température	100°	190°	290°	465°	675°	720°
Pertes de poids	12,06	0,26	4,84	0,44	3,42	0,30
		5,10		4,16		

On voit que l'eau se dégage surtout à 110° et dans les intervalles 190°-290° et 465-675°; à 720° le minéral est entièrement déshydraté. La courbe de déshydratation dans le vide précise les points de départ qui se placent vers 100°, 270° et 665°. Ces températures sont inférieures à celles déduites de l'analyse thermique; une remarque analogue a déjà été faite dans l'étude des chlorites (¹) et des serpentines (²); le fait s'explique par la plus grande sensibilité du dispositif de déshydratation dans le vide. Ces premiers résultats ne permettent donc pas d'adopter la conclusion de F. Zambonini.

Étude aux rayons X des produits de la déshydratation. — Le diagramme obtenu, par la méthode de Debye et Scherrer, pour le minéral de Madagascar avant sa calcination, est absolument identique à celui des sépiolites typiques de Coulommiers et d'Eski-Chehir. Celui de la sépiolite étudiée, après chauffage à 110°, est semblable à celui du minéral originel; enfin le diagramme de la substance chauffée à 465° présente les mêmes raies que les précédents, mais celles-ci sont légèrement plus floues. A 675° elles ont disparu, *toute structure cristalline semble détruite;* à 1000° le produit est redevenu cristallin; les raies du spectre assez nombreuses sont peu nettes, mais peuvent être toutes rapportées à l'enstatite. Il y a donc lieu de penser que le phénomène exothermique mis en évidence par la courbe d'analyse thermique est dû à une recristallisation de la substance amorphe. Enfin le diagramme du produit calciné à 1300° montre de nombreuses raies très

(¹) J. Orcel, *Thèse*, 1927; *Bull. Soc. Min.*, 50, 1927, p. 289.
(²) S. Caillère, *C. R. 67e Congrès Soc. Sav.*, 1934, p. 69.

fines qui correspondent à celles de l'enstatite et de la cristobalite. La dissociation de la sépiolite par la chaleur peut s'exprimer ainsi :

$$H^4Mg^2Si^3O^{10} = 2\,H^2O + 2\,SiO^3Mg + SiO^2.$$

Cette identification des produits de calcination concorde avec la valeur de la densité (2,78) mesurée précédemment; de plus la formation de cristobalite à cette température au lieu de la tridymite a déjà été constatée (1).

Étude optique. — L'étude microscopique de ces différentes poudres met toujours en évidence une substance biréfringente. L'aspect initial des fibres de sépiolite reste conservé jusqu'à 675°; au-dessus de cette tempérarure ces fibres sont transformées en autant d'agrégats de très petits cristaux arrondis. L'indice de réfraction (mesuré par immersion) de cette sépiolite est 1,49. Il conserve la même valeur après séchage à l'étuve. Il augmente ensuite jusqu'à la valeur 1,54 à 465°, reste constant après la déshydratation à 675° et atteint environ 1,61 dans le produit calciné à 1300°, où il est impossible d'identifier l'enstatite et la cristobalite.

La comparaison des analyses chimiques du minéral d'Ampandrandava, de la sépiolite asbestiforme des environs d'Antsirabe :

SiO^2, 53,10; Al^2O^3, 0,32; Fe^2O^3, 1,31; FeO, 0,26; CaO, 1,27;
MgO, 24,87; H^2O (—), 8,42; H^2O (+), 10,11; total, 99,66

et de la prétendue asbeste de Madriat en Sistrière (Haute-Loire) :

SiO^2, 54,37; Fe^2O^3, 0,98; CaO, 0,59; MgO, 24,13;
H^2O (—), 9,41; H^2O (+), 10,19; total, 99,67

montre la variation de la teneur en eau hygroscopique et la constance presque parfaite de la proportion d'eau se dégageant au-dessus de 110° (10 pour 100).

En résumé, pour coordonner les résultats obtenus par ces différentes méthodes, on ne peut considérer comme eau de constitution la totalité de l'eau contenue dans la sépiolite. Aussi doit-on préférer à la formule de Fersmann (2) $H^8Mg^2Si^3O^{12}$, celle indiquée par H. Leitmeier (3) $H^4Mg^2Si^3O^{10}$. Une étude approfondie de la structure du minéral permettra peut-être de savoir s'il faut attribuer aux deux sortes d'eau de constitution un rôle différent dans l'édifice cristallin.

---

(1) J. B. Fergusson et H. E. Merwin, *Amer. Jour. Sc.*, 46, 1918, p. 417.
(2) *Recherches sur les silicates de magnésie*, p. 255.
(3) *Sitzber. K. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl.*, 124, 1915, p. 172.

LITHOLOGIE. — *La boehmite et le diaspore dans les fireclays de l'Ayrshire (Écosse).* Note [1] de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. L. Cayeux.

Il existe dans l'Ayrshire, à la limite du Millstone Grit et des Coal Measures, un horizon de fireclays qui tire ses matériaux originels de laves basaltiques émises en abondance à cette époque. On en suit l'affleurement depuis le bord de la mer à Saltcoats par Kilwinning jusqu'à Fenwick, au Nord de Kilmarnock.

Une importante étude de ces fireclays fut faite, il y a quelques années, par M. G. V. Wilson, d'Edimbourg [2]. Ce savant mit en évidence le caractère hautement alumineux des roches en question et montra que la plupart d'entre elles se déterminent, du fait de leur composition chimique, comme *bauxitic clays*.

Grâce à l'obligeance de M. Wilson et de M. W. J. Mac Callien, j'ai pu découvrir que le constituant purement alumineux de ces roches est principalement la boehmite [3], à laquelle s'ajoute, pour certains types, et en petite quantité, le diaspore.

Les cristaux de boehmite (AlO^2H) sont abondamment répandus dans les types pisolithiques des bauxitic clays de l'Ayrshire. Ils sont associés à la kaolinite, mais toujours de telle manière que la cristallisation de ce minéral soit postérieure à la leur. Il y a plus ou moins de kaolinite suivant que la roche est plus ou moins siliceuse. On reconnaît, comme les analyses chimiques le laissaient prévoir, que les pisolithes sont essentiellement formés de boehmite. Cette dernière, en menus cristaux, constitue aussi la masse de petits débris de basalte emballés dans la roche pisolithique. Mais la boehmite s'est particulièrement bien développée dans les parties drusiques où l'on voit des cristaux dont certains atteignent près de 6 centièmes de millimètre de longueur. Ce sont les plus grandes boehmites qu'il m'ait été donné de contempler. Les roches de l'Ayrshire peuvent être considérées comme le plus beau gisement de ce minéral.

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *The Ayrshire Bauxitic Clay, Mem. of the Geol. Surv., Scotland.* Edinburgh, 1922.

(3) *Comptes rendus,* **189**, 1929, p. 995, et **184**, 1927, p. 1661.

Grâce à ce développement des cristaux, j'ai pu expérimenter à nouveau sur la biréfringence de la boehmite qui apparaît comme un peu inférieure à ce que je l'avais cru être dans mes études antérieures : elle ne dépasse pas 0,013. J'avais jadis sous-estimé l'épaisseur des cristaux très petits dont je mesurais le retard optique. Les formes sont d'ailleurs identiques à celles des boehmites habituelles des bauxites; et la projection des cristaux prismatiques sur leur base, en forme de navette, reste des plus caractéristiques.

Quand il y a du diaspore dans ces roches, on voit qu'il s'y est produit dans les parties boehmitiques les plus fines sous forme de cristaux bien discernables et relativement gros. Il présente ce caractère constant du diaspore des roches bauxitiques d'accepter, en quelque sorte, l'impureté du milieu où il se produit. Il est encore là, comme dans les bauxites, postérieur à la boehmite.

Il y a une très nette analogie entre les fireclays de l'Ayrshire et certaines des bauxites que j'ai décrites des Pyrénées (Ariège), et qui sont d'âge crétacé, ante-aptien [1]. Cependant, la matière originelle des unes et celle des autres sont bien différentes. Si, dans le cas de l'Ayrshire, il s'agit de produits de décomposition de laves basaltiques, dans le cas des Pyrénées, il s'agit d'argiles de décalcification. Mais il est très remarquable que les conditions qui sont intervenues lors de la diagenèse de ces formations aient été les mêmes.

C'est effectivement en milieu essentiellement humique que, dans l'un et l'autre cas, la cristallisation des hydrates d'alumine s'est produite pour élaborer, aux dépens des gels alumineux, la boehmite. Dans l'Ayrshire, les couches charbonneuses recouvrent immédiatement l'horizon de fireclays : dans les Pyrénées, de puissantes couches ligniteuses recouvrent la bauxite là où il y a eu beau développement de boehmite (Péreille, Ariège). Et l'on peut étendre à la Provence la même remarque, où les bauxites du Crétacé supérieur, siliceuses au toit des gîtes, montrent des cristaux de boehmite bien discernables quand elles supportent des bancs ligniteux.

Quant au diaspore, il est, pour tous ces cas, le minéral qui témoigne de l'enfouissement du gisement et joue le rôle d'une sorte de thermomètre géologique.

La découverte de la boehmite dans les fireclays de l'Ayrshire légitime le nom d'argiles bauxitiques qui leur a été donné par M. Wilson et rend, du même coup, parfaitement vaine une argumentation de M. Cyril S. Fox qui

(1) J. de Lapparent, *Mém. de la Carte géol. détail. de la France*, Paris, 1930.

prétendait à leur dénier tout droit à cette dénomination ([1]). Elle est en outre intéressante parce qu'elle nous montre qu'à l'époque du Carbonifère, en Écosse, des conditions physiques régnaient, analogues à celles du Crétacé en Provence; les roches d'Écosse nous fournissant à la fois les plus belles et les plus vieilles boehmites actuellement connues.

LITHOLOGIE. — *Méthodes pour la séparation de la fraction argileuse des roches sédimentaires.* Note ([2]) de M. **Maurice Dreyfuss**, présentée par M. L. Cayeux.

Il existe, dans la plupart des roches sédimentaires, une quantité plus ou moins grande de substances assez mal définies qui semblent présenter des affinités avec les argiles : elles sont plastiques, onctueuses, douées de propriétés colloïdales, et paraissent consister essentiellement en alumino-silicates, que certains auteurs ont rapprochés de la bravaisite ([3]), alors que d'autres les considèrent comme voisins des permutites et des zéolites ([4]). Très abondantes dans les marnes, ces substances existent également dans les calcaires.

Les méthodes mécaniques ne permettent pas de séparer cette « fraction argileuse » des roches, en raison de la très grande finesse des particules qui la composent ([5]).

Les méthodes chimiques ont donné quelques renseignements sur sa composition, mais ne permettent pas de l'isoler; de plus, la présence constante de minéraux divers, et la facilité avec laquelle ces « argiles » sont décomposées faussent les résultats des analyses dans un grand nombre de cas.

Les méthodes électriques, employées avec succès par M. P. Urbain ([6]) pour les roches très argileuses, ne paraissent plus applicables lorsqu'on a affaire à une roche où l'argile n'est pas l'élément dominant.

([1]) Cyril S. Fox, *The Mining Journal*, 1923, p. 194-195, et *Bauxite and Aluminous Laterite*, p. 156-158, Londres, 1932.

([2]) Séance du 10 décembre 1934.

([3]) Le Chatelier, *Comptes rendus*, 118, 1894, p. 262; Thiébaut, *Contribution à l'étude des sédiments argilocalcaires du bassin de Paris* (*Thèse*, Paris, 1925).

([4]) Ross and Kerr, *Journ. of sedimentary petrology*, 1, n° 1, mai 1931; Demolon, *Recherches physicochimiques sur la terre à briques* (*Thèse*, Paris, 1926).

([5]) Cf. Strow, *Amer. Miner.*, 16, 1931, p. 226.

([6]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 964.

Tout récemment, MM. Demolon et Bastisse ont décrit une méthode de peptisation des substances argileuses par le citrate de sodium, qui leur permet de les isoler à partir des sols [1].

La méthode suivante est également une méthode de séparation de l'argile par défloculation : son principe est toutefois assez différent, et elle peut être utilisée pour extraire l'argile des roches, *même lorsqu'elles en contiennent très peu ;* nous avons recours, non pas à des corps faisant varier le pH du milieu, mais à des composés ayant un rôle stabilisateur vis-à-vis des suspensions colloïdales. Grâce à ces stabilisateurs, on obtient des suspensions d'argile que l'on peut conserver sans qu'aucune floculation se produise pendant des temps pouvant aller jusqu'à plusieurs semaines.

Si l'on prépare une suspension avec un échantillon de roche brut, et qu'on la laisse ensuite au repos, les minéraux cristallins tombent au fond, et l'on peut alors décanter une liqueur dans laquelle il ne reste que les substances colloïdales et le produit stabilisateur. Il faut alors récupérer l' « argile » : pour cela on transforme la substance stabilisatrice en une ou plusieurs substances qui laisseront facilement floculer la suspension.

Pratiquement, nous avons utilisé :

1° Des solutions de savons de potasse à 2 pour 100. La précipitation peut être obtenue facilement en ajoutant 10^{cm^3} d'acide acétique par litre de suspension : la floculation se produit à froid. Le précipité est lavé à l'eau, afin d'entraîner les acétates formés par la décomposition du savon, et à l'éther pour dissoudre les acides gras.

2° Des solutions de gomme arabique à 1 pour 100. On provoque la floculation en hydrolysant la gomme à l'aide d'acide chlorhydrique à raison de 15^{cm^3} par litre. Il suffit alors de laver le précipité à l'eau.

3° Des solutions de gélatine à 0,25 pour 100. La floculation est obtenue dans ce cas par une digestion de quelques heures avec de la pepsine.

L'inconvénient des deux premiers procédés est l'utilisation d'acides: mais ceux-ci sont toutefois assez dilués pour ne pas décomposer les substances argileuses [2]. On peut d'ailleurs, afin de s'entourer de garanties supplémentaires, employer toujours simultanément, pour un même échantillon, au moins deux de ces procédés.

Il s'agit d'ailleurs d'une méthode générale, et le nombre des substances stabilisatrices utilisables est considérable; toutefois, leur décomposition pour obtenir la floculation est souvent difficile à obtenir, ou ne peut être

---

(1) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 675.

(2) Cf. Thiébaut, *loc. cit.*, p. 43 et suiv.

obtenue sans risque d'attaquer les matières argileuses. D'autre part, certains stabilisateurs sont plus efficaces que d'autres : c'est ainsi que les produits cités plus haut nous ont donné, en étudiant des échantillons de marnes et de calcaires, des suspensions contenant 5 à 7^g de matière argileuse par litre, alors que des essais avec l'empois d'amidon et l'albumine n'ont donné qu'un faible rendement. Enfin, certains produits, comme par exemple les oléates organiques, sont intéressants, mais leur prix élevé ne permet pratiquement de les employer que pour des essais peu importants.

Quel que soit le produit employé, il est nécessaire, pour obtenir un bon résultat, de procéder de la façon suivante :

1° la roche est finement broyée;

2° la poudre ainsi obtenue est intimement mélangée dans un mortier avec le poids de substance stabilisatrice nécessaire pour obtenir un litre de suspension;

3° l'eau est ajoutée progressivement, pendant que le mélange est continuellement brassé. Le contenu du mortier, d'abord visqueux, devient de plus en plus liquide;

4° on complète alors avec de l'eau pour obtenir un litre;

5° la suspension est laissée au repos pendant au moins 24 heures, puis décantée;

6° l'argile est récupérée sur la partie décantée de la suspension par la méthode appropriée au stabilisateur employé.

GÉOLOGIE. — *La découverte du Wealdien sous la région parisienne.* Note de MM. **Paul Lemoine**, **René Humery** et **Robert Soyer**.

Nous avons publié [1] les résultats des forages d'Orsay et de Poissy, qui ont pénétré dans les assises infra-crétacées. Un puits, foré de juin à septembre 1934 à la Brasserie Richard frères, 68, route stratégique, à Ivry-sur-Seine, a dépassé notablement les couches reconnues dans les précédents sondages et fourni des renseignements fort intéressants sur les couches éocrétacées de la région de Paris.

L'orifice du sondage est à la cote + 64,00. Dans le Nummulitique, le Crétacé supérieur et moyen, on a traversé d'abord :

m 3,50	Terre végétale, Remblais	3,50	+ 60,50
21,57	Lutétien	25,07	+ 38,93
24,73	Sparnacien	49,80	+ 14,20
306,80	Sénonien	356,20	−292,60
109,32	Turonien	465,92	−401,92
70,65	Cénomanien-Vraconien	536,57	−472,57
34,66	Albien (Gault)	571,23	−507,23
72,87	Albien (Sables verts)	644,10	−580,10

(1) *Bull. Muséum hist. naturelle*, 2e série, 5, VI, 1933, p. 501-504.

CRÉTACÉ INFÉRIEUR. — *Aptien*, 644,10 à 658,24 : argiles noires, brunes, grises, à passages sableux et pyriteux sur 14^{m},14, 658,24 à 669,25 : argiles gris-jaunâtres feuilletées sur 11^{m},01. Vers 658,70 : *Parahoplites Deshayesi* Leym; *Saynella raresulcata* Leym; *Douvilleiceras* sp.; à la base : niveaux à pélécypodes abondants. 669,25 à 679,04 : sables blancs compacts très fins, argileux, où s'intercale (671,13 à 671,28) une lumachelle ligniteuse à huîtres et lamellibranches indéterminables, puis une marne grise argileuse, des sables gris et verdâtres, un banc d'argile noire schistoïde, des sables blanc-verdâtres glauconieux. 679,04 à 685,23 : argiles noires feuilletées, micacées, alternant avec des schistes argileux et des grès siliceux à glauconie et pyrite.

La présence dans les argiles de 644,10 à 669,25 d'ammonites typiques du Bédoulien supérieur ne laisse aucun doute sur l'attribution de cette série à la zone à *Parahoplites Deshayesi* et les 15^{m},98 de sables divers à niveaux argileux (669,25 à 685,23) représenteraient la zone à *Terebratulina Astieriana*.

Barrémien. — 685,23 à 687,83 : argiles bariolées alternant avec des sables blancs à Muscovite. 687,83 à 693,35 : sable blanc fin barré par deux couches d'argile panachée. 693,35 à 696,95 : 2^{m},60 d'argiles schistoïdes panachées : vertes, violacées, rouges et blanches compactes. 696,95 à 708,73 : argiles bleutées. 700,73 à 703,79 : sables blancs très fins, puis argiles noires et grises lustrées, jusqu'à 704,34. Cette série, de 685,23 à 704,34, n'a fourni aucun fossile,

Nous proposons de placer dans le Barrémien ce complexe d'argiles bariolées, sables blancs et argiles grises : Barrémien supérieur jusqu'à 696,94, de faciès analogue à l'Argile rose marbrée du Bray et aux sables et argiles panachés de la bordure orientale du Bassin de Paris. Le Barrémien inférieur serait représenté par 7^{m},40 de sédiments, ce qu'on ne peut cependant préciser, en l'absence de fossiles dans les échantillons extraits.

Néocomien. — Argiles panachées, onctueuses, de 704,34 à 712,65. Sables fins blancs, avec calcaires marneux et galets de grès siliceux brun jusqu'à 715,72. Argiles bariolées : noires, grises et brunes au sommet, roses bleues et lie de vin vers la base, de 715,72 à 730,07.

Le retour d'argiles panachées avec intercalations sableuses offre une grande similitude avec les Argiles grossières de Leymerie et nous proposons de placer dans l'Hauterivien la série de 704,34 à 730,07.

Wealdien. — 730,07 à 738,04 : argiles tendres, sableuses, bleuâtres. 738,04 à 738,79 : sables gris fins, glauconieux, à nodules gréseux. Entre 738,79 et 740,21 : sables à filets argileux présentant des traces végétales et de rares Cardiidés indéterminables. 740,21 à 741,71 : argiles compactes, schistoïdes, grises, à lignites, avec innombrables empreintes végétales où nous avons reconnu : *Weichselia reticulata* = *Lonchopteris Mantelli*. de 741,71 à 744,21 (fond du forage) : argiles grises feuilletées avec passages de sables blancs, et argiles noires schisteuses à fragments de grès et lignites.

Nous attribuons au Wealdien les couches de base où la présence de *Weichselia* démontre la similitude avec le Wealdien du Bray, où les *Lonchopteris* sont fréquents.

Résumé. — De même que le Crétacé supérieur et moyen, le Crétacé inférieur est bien représenté sous la région parisienne. Comme M. G. Corroy

l'avait prévu, l'Aptien supérieur (*Gargasien*) n'a pas atteint Paris. Le *Bédoulien* atteint 41^m à Ivry; le *Barrémien* incomplet ne serait représenté que par 19^m de dépôts.

Pour le Néocomien, dont l'épaisseur semble importante, il est très intéressant de constater que le Néocomien inférieur est représenté ici par le faciès wealdien (type occidental du Pays de Bray) et non par le faciès marin connu dans l'Est du bassin de Paris.

Le Wealdien n'a été foré que sur 14^m, sous 25 d'Hauterivien, alors que dans le Pays de Bray, des forages l'ont traversé : sur plus de 27^m à Avesnes en Bray, et 39^m à Clères.

Le fond du forage doit se trouver à quelques dizaines de mètres des niveaux supérieurs du Jurassique, qui eût sans doute été atteint ici entre 775 et 800^m de profondeur.

C'est la première fois que dans la région parisienne un sondage atteint des couches aussi profondes dans la série géologique. Il montre la possibilité de niveaux aquifères, inférieurs à ceux des sables verts, seuls exploités jusqu'ici et ouvre à cet égard des espoirs nouveaux.

Le fait que le Crétacé inférieur est à l'état de faciès wealdien (type occidental du Pays de Bray) et non de faciès marin comme dans l'Est, est un document nouveau, très important pour l'histoire géologique du Bassin de Paris.

GÉOLOGIE. — *Gisement fossilifère de Futa (Afrique Équatoriale française) et quaternaire de la zone littorale du Congo*. Note de MM. **Edmond Dartevelle** et **Daniel Schneegans**, présentée par M. L. Cayeux.

J. Lombard et D. Schneegans ont signalé [1] la présence à Futa (A. E. F.), dans des argiles sableuses micacées dissimulées sous les sables récents, d'une faunule dont la composition semblait indiquer la présence de l'Éocène marin dans cette région.

Au cours d'une mission géologique récente [2e mission du Fonds Jacques Cassel de l'Université libre de Bruxelles [2]] l'un de nous

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 163.

(2) Les revenus du Fonds Jacques Cassel sont destinés à favoriser l'envoi dans les colonies, et spécialement au Congo belge, de missions scientifiques dirigées par les membres du personnel enseignant de l'Université libre de Bruxelles.

(E. Dartevelle) eut l'occasion de visiter le gisement de Futa et y recueillit un grand nombre de coquilles parmi lesquelles il reconnut : *Pachymelania byronensis* Wood, *Pachymelania aurita* Müller, *Pachymelania fusca* Gmelin, *Galateia congica* O. Boettger, *Iphigenia Congo* Pilsbry et Bequaert.

Toutes ces espèces existent encore actuellement, et, sauf *Pachymelania byronensis* relégué en Guinée et en Assinie, vivent dans l'Estuaire du Congo.

C'est donc au pleistocène qu'il convient d'attribuer le gisement de Futa; une des espèces signalées, *Pachymelania aurita*, caractérise d'ailleurs les dépôts quaternaires du Sénégal, de la Guinée et de la Côte d'Ivoire ([1]).

D'autre part le gisement de Futa est à rapprocher de ceux de Kinlao ([2]) et de Banane ([3]), dont la faune présente des caractères très analogues.

Dans ces régions eut lieu, probablement à la fin du Pliocène et durant le Pleistocène, la dernière transgression de l'Océan; ses dépôts forment les falaises de Moanda et en général les couches récentes ravinant le Miocène, l'Éocène et le Crétacé, tout le long de la côte du Congo, couches dont la partie supérieure au moins doit dater du Pleistocène ([4]).

Les gisements de Futa, de Kinlao et des environs de Banane, situés au sommet de ces dépôts, appartiennent sans doute à la fin de cette période.

GÉOLOGIE. — *L'Éocène dans l'Aurès oriental.* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'Éocène, bien développé dans l'Aurès oriental, y couvre une surface plus grande que tous les autres terrains. Cependant seuls ses termes inférieurs ont été signalés autrefois par Coquand.

Aux environs de Djellal, j'ai pu relever la coupe suivante :

([1]) C.-F. Dollfuss, *Mémoires de la Société géologique de France, Paléontologie*, Mémoire n° 44, 1911, p. 37.

([2]) E. Dupont, E. Dautzenberg, *Bulletin de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, 3e série, 20, i, 1890, p. 559 et 577.

([3]) Zboinski, *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 1, *Mémoires*, 1887, p. 36; E. van den Broeck, 1, *Procès-verbaux*, 1887, p. 38; Dautzenberg, *Bulletin de l'Acad. R. des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, 3e série, 20, ii, 1890, p. 5.

([4]) Edmond Dartevelle, *Ibid.*, 20, 1934, p. 253.

1. Marnes blanches à rares silex, bancs de calcaires marneux et de calcaires coquillers, ces derniers devenant parfois de véritables lumachelles à Turritelles. Les fossiles sont quelquefois silicifiés et peuvent alors se dégager à l'acide; c'est ainsi qu'à Enze n' Slith, j'ai pu recueillir la faune suivante : *Turritella Forgemolli* H. Coq. (non auct.), *Pleurotoma ampla* Briart et Cornet, *Pseudoliva Michelini* H. Coq., *Buccinum* sp., *Melongena* sp., *Natica* sp., *Lacuna* sp., *Homalaxis* sp., *Cryptoconus* sp. (?), *Venus Grenieri* H. Coq., *Cardita Peyssonelli* H. Coq., *C. numida* H. Coq., *C. Sablieri* H. Coq., *Cardita* (plusieurs espèces), *Lucina* cf. *Mœvusi* H. Coq., *Lucina* cf. *Porchati* H. Coq., *Lucina* sp., *Corbula* sp., *Ostrea* sp. Épaisseur 60^{m}.

2. Alternances de marnes blanches et de calcaires marneux en petits bancs, surmontées par un banc de calcaire massif et, venant immédiatement au-dessus, un banc de phosphate, glauconieux, verdâtre, assez tendre, épais d'environ 50^{cm}; puis, après quelques mètres de marnes blanches, on trouve une nouvelle couche phosphatée brune, plus dure que la précédente et grâce à cela plus constamment visible. L'ensemble de ces couches ne contient pas de fossiles, si ce n'est des dents de squales dans les couches phosphatées. Épaisseur 30^{m}.

3. Marnes blanches, avec à la base quelques Mollusques : *Cardita*, *Venus*, *Cerithium*, malheureusement à l'état de moules internes, *Ostrea multicostata* Desh. et O. cf. *punica* Thomas. La partie supérieure de ces marnes contient une très grande abondance d'*Operculina ammonea* Leym.; certains bancs sont formés d'Operculines jointives. A la base de ce niveau à Operculines, il existe souvent d'innombrables petites *Sismondia* et des *Schisaster*, en mauvais état de conservation. Épaisseur 80^{m}.

4. Calcaires compacts très durs formant, au-dessus des pentes marneuses précédentes, de grands abrupts qui constituent toutes les crêtes au Nord de Djellal. Ces calcaires ne contiennent pas de fossiles, si ce n'est quelques Oursins (*Sismondia* ?) siliceux, difficiles à dégager. Épaisseur 60^{m}.

5. A Djellal et aux environs, on ne voit plus rien au-dessus de ces calcaires; mais, dans le centre du synclinal qui s'étend vers le Nord-Ouest, existent des couches plus récentes : entre Fridjou et Ounrhal, elles sont visibles sur les bords de l'Oued. A la base, sur les calcaires précédents et peut-être en légère discordance, sont de petits bancs de grès jaunâtres, parfois assez grossiers; au-dessus une importante masse de calcaires marneux et de marnes jaunes avec des lumachelles à grandes Huîtres du groupe d'*Ostrea crassissima* et surtout *Carolia placunoides* Cantraine et des moules internes de Thersitées. Ces couches contiennent encore des petits bancs phosphatés, mais qui ne dépassent pas quelques centimètres d'épaisseur. Épaisseur 60^{m}.

Les couches de base de cette coupe (1) surmontent en concordance le Danien [1], sans que l'on puisse voir de trace d'émersion. Elles contiennent une faune, dont une espèce se retrouve dans le calcaire de Mons : *Pleurotoma ampla*, une autre, *Pseudoliva Michelini*, est très voisine de *Pseudoliva robusta* de Mons ; *Turritella Forgemolli* et *Venus Grenieri* ont été retrouvées

---

[1] ROBERT LAFFITTE, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1321-1323.

dans le Sud-Tunisien par Thomas. Mais les autres espèces ne sont connues que dans l'Aurès. Il a noté aussi qu'il n'y a pas une seule espèce de la belle faune yprésienne décrite, non loin de là, au Djebel Bardou par M. Dareste. Donc la situation stratigraphique de ces couches, et leur faune, permet de les placer dans le Montien [1]. L'ensemble des niveaux phosphatés (2), étant donné sa situation, peut être placé dans le Thanétien. Les marnes (3), à *Ostrea multicostata*, *Operculines* et *Nummulites globulus*, sont probablement londiniennes; *Nummulites globulus* que l'on trouve à la partie supérieure existe dans le Lutétien, mais paraît plus abondante à l'Éocène inférieur. Ces Nummulites sont beaucoup moins abondantes que dans le centre de l'Aurès, on est certainement ici, à la limite orientale de leur aire de répartition dans la région, car elles sont inconnues dans les parties de l'Atlas saharien situées plus à l'Est. Les calcaires massifs (4) sont peut-être encore londiniens, mais, leur situation et leur analogie de faciès avec le Lutétien inférieur des environs de Tebessa les ferait plutôt placer dans cet étage. Les marnes jaunes (5) sont certainement lutétiennes, à cause de leur faciès bien connu dans les régions voisines et de la présence de *Carolia placunoides* considérée par tous les auteurs comme caractéristique de l'Éocène moyen.

En résumé, on a là une série marine complète des termes de passage du Crétacé à l'Éocène, celui-ci présentant à la base une faune dont l'âge montien ne semble pas faire de doute et qui est la seule faune de cet âge jusqu'ici connue en Algérie.

Les grès par lesquels débute la série des marnes jaunes du Lutétien supérieur tirent leur importance du fait que dans cette région il n'existe pas, dans les 3000^{m} de couches placées entre l'Albien et celles-ci, la moindre trace de grès; la sédimentation pendant toute la période allant du Cénomanien au Londinien ayant été exclusivement marneuse et calcaire. De plus les couches du Lutétien supérieur ayant l'air d'être en légère discordance sur les couches antérieures, on peut sans doute voir là, la preuve de l'existence d'une première époque de plissement, annonçant la phase principale qui se produit avant le Miocène, celui-ci recouvrant en discordance très nette tous les terrains antérieurs.

---

(1) Le synchronisme n'est peut-être pas absolu avec les couches types du bassin anglo-belge; mais en l'absence, à cette époque, de fossiles utilisables pour des parallélismes lointains, il m'a paru commode d'employer les termes classiques pour distinguer des faciès locaux, qui se sont succédés dans le même ordre que ceux des régions septentrionales et probablement *à peu près* synchroniquement.

GÉOLOGIE. — *Le problème du Flysch calcaire de la montagne d'Autapie près Colmars (Basses-Alpes).* Note de MM. **Léon Moret** et **Daniel Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le problème du Flysch calcaire d'Autapie a été posé par J. Boussac en 1912 (¹) et a été abordé ensuite par Mme Y. Gubler-Wahl (²). Les faits établis par cette dernière tendent à prouver que, contrairement à ce qu'admettait Boussac (existence d'une série compréhensive embrassant tous les niveaux depuis le Sénonien jusqu'au Lutétien inclusivement), une lacune de la sédimentation se place au-dessus du Sénonien et que le Flysch calcaire débute par des niveaux bréchiques, datés du Lutétien par la présence de *Nummulites perforatus*. Nous souscrivons entièrement ces conclusions. Le Flysch calcaire ne serait d'ailleurs pas lié à un niveau stratigraphique précis, mais il apparaîtrait plutôt comme un faciès latéral qui pourrait prendre localement la place du Flysch gréseux (³).

Du point de vue lithologique, le Flysch calcaire d'Autapie offre des caractères assez tranchés, déjà bien mis en évidence par nos prédécesseurs. Il est formé de sédiments de nature pélagique, renfermant çà et là des niveaux de brèches calcaires, à ciment également pélagique, avec fossiles crétacés remaniés. A la surface des sédiments fins, on voit parfois des traces mécaniques rappelant les Bilobites et les *Cancellophycus*. Les Globigérinidés y sont abondants, et les Nummulites ainsi que les Orthophragmines se rencontrent à tous les niveaux, mais surtout dans les brèches.

S'il nous paraît établi que les niveaux bréchiques de la base peuvent être considérés comme des équivalents des brèches lutétiennes de la base du Mont Pelat, il n'en est plus de même des intercalations bréchiques à petites Nummulites que l'on rencontre dans la partie moyenne et supérieure de ce complexe. Celles-ci sont sporadiques, discontinues, et ne signifient que des épisodes de courte durée dans l'ensemble de la sédimentation vaseuse calcaire qui caractérise ce Flysch.

Nos prédécesseurs avaient formulé l'idée que le Flysch à Helminthoïdes,

(¹) *Thèse*, Paris, 1912, p. 210.

(²) *Thèse*, Paris, 1928, p. 118.

(³) Cette notion de l'ubiquité du Flysch calcaire se justifie pleinement dans la région du Mont Pelat, ainsi que nous avons pu le constater avec M. Gignoux. En effet, ce faciès à lui seul y envahit tout le Nummulitique.

qui couronne la Montagne d'Autapie, était stratigraphiquement lié au Flysch calcaire sur lequel il repose. Mais nous avons pu nous convaincre que ce Flysch à Helmintoïdes et le Flysch noir, qui l'accompagne localement à la base, reposent sur le Flysch calcaire par l'intermédiaire de klippes de terrains mésozoïques, vestiges des noyaux anticlinaux très étirés de la nappe. Telle est, sur la rive droite du Verdon, la position du lambeau de calcaire jurassique encastré dans la paroi de Flysch à l'W du Pont Saint-Julien (Y. Gubler-Wahl, *loc. cit.*, p. 153), ou celle des lames de Sénonien pincées entre le Flysch noir et le Flysch calcaire à petites Nummulites sur le chemin forestier d'Autapie. Nous avons retrouvé la même discontinuité dans le vallon de la Chasse où elle est jalonnée par des blocs-klippes de Crétacé supérieur. Nous pouvons conclure de l'examen de ces faits que *le Flysch à Helminthoïdes et le Flysch noir sur lequel il repose, sont tectoniquement indépendants de leur substratum de Flysch calcaire.*

L'un de nous (D. S.) (1) a montré précédemment que le Flysch à Helminthoïdes caractérise l'unité la plus interne de la nappe de l'Ubaye. Le fait se constate dans la vallée de Barcelonnette, entre Orcières et Embrun, et nous avons acquis la certitude qu'il en est de même dans la région frontale de cette nappe dans la haute vallée du Verdon. Or le Flysch calcaire, là aussi, se trouve toujours tectoniquement inférieur au Flysch à Helminthoïdes. *Il est donc certain que ce Flysch calcaire doit appartenir à une unité plus externe du grand recouvrement de l'Ubaye.*

Mais, la place exacte qu'il occupe dans ce dernier reste encore à préciser. Au Nord de Barcelonnette et des Thuiles, il est recouvert par les différents terrains de la Cicatrice de Jausiers, parmi lesquels les noyaux mésozoïques des trois unités de la nappe de l'Ubaye sont représentés. A la base du Mont Pelat les conglomérats lutétiens, qui supportent normalement le Flysch calcaire, reposent localement sur des dolomies triasiques; mais rien ne permet d'affirmer que ce contact est stratigraphique (2). Enfin, dans la région d'Ancelle, le Flysch calcaire se montre dans la base des écailles les plus externes de la zone subbriançonnaise.

Nous pensons donc avoir montré ici qu'un des aspects nouveaux du pro-

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 262.

(2) Peut-être s'agit-il plutôt d'un encapuchonnement du Flysch calcaire par les terrains d'une unité plus interne, car tout au voisinage, à Tête Ronde, les conglomérats lutétiens semblent appartenir à une série de terrains qui correspond aux écailles externes du Morgon, dans lesquelles le Trias n'est jamais développé sous la forme de calcaires massifs.

blème du Flysch calcaire est la place que ce faciès occupe parmi les unités de la grande nappe du Flysch. Tout ce que nous pouvons affirmer jusqu'à présent c'est que *nous avons affaire à un faciès relativement externe de cette nappe*. Quant à son âge, on peut dire que sa base appartient au Lutétien, mais, peut-être faut-il considérer la grande masse du Flysch calcaire comme un équivalent latéral du Bartonien calcaire de la zone ultradauphinoise.

GÉOLOGIE. — *Age des Calcaires à* Archæocyathus *de la Montagne Noire (Hérault, Tarn et Aveyron)*. Note de M. **Marcel Thoral**, présentée par M. Ch. Jacob.

Parmi les formations du Cambrien de la Montagne Noire, il est des masses calcaires d'une grande épaisseur, connues sous le nom de Calcaires à *Archoæcyathus*, toutes attribuées tantôt au Géorgien, tantôt à l'Acadien, faute de documents paléontologiques probants autres que les *Archæocyathidés*.

Voici de nouvelles observations et des découvertes paléontologiques qui permettent de ranger définitivement cette formation dans le Géorgien supérieur. Mais quelques mots d'historique sont d'abord indispensables.

Sur les deux versants de la Montagne Noire (Monts de Lacaune, Pardailhan, Saint-Pons, etc.), ces calcaires occupent, avec le complexe des grès de Marcory qui en est le substratum, la zone axiale d'anticlinaux et de synclinaux d'une tectonique compliquée d'étirements, de chevauchements, de renversements. Les grès de Marcory que seul Bergeron mettait dans le Potsdamien sont nettement géorgiens ainsi qu'il résulte des travaux de MM. Blayac, Michel-Lévy et Thoral. On sait qu'à leur partie supérieure ces grès sont caractérisés par le genre géorgien *Olenopsis*. Tous les géologues, jusqu'en 1905 (de Rouville, Delage, Miquel, Bergeron), étaient d'accord pour classer dans le Géorgien les calcaires à *Archæocyathus* qui se superposent à ces grès. Ils se basaient sur le fait que, sur les calcaires et en concordance, se disposent des schistes à *Paradoxides*, *Agnostus*, *Conocoryphe*, dont les nombreuses espèces indiquent un âge acadien inférieur.

Mais en 1905, J. Miquel découvrit dans la gorge de Coulouma, sous les calcaires, des schistes renfermant une faunule à *Paradoxides*, schistes qui, d'après ce savant, étaient là en situation tout à fait normale. A dater de ce jour, l'âge acadien de ces calcaires fut généralement admis. Un fait important nous avait néanmoins un peu surpris, M. Blayac et moi-même.

A Pardailhan et sur le pourtour de l'anticlinorium de Marcory, là où l'observation n'est pas gênée par la végétation et les éboulis, il n'y a pas la moindre trace de schistes à *Paradoxides* ou d'un dépôt équivalent, au contact des grès à *Olenopsis* et des calcaires à *Archæocyathus*, concordants entre eux.

J'ai alors exploré avec soin, sur les conseils de M. Blayac, le dôme de Coulouma et me suis rendu compte que, dans la gorge étudiée par M. Miquel, les calcaires reposent successivement sur les calcschistes de l'Acadien inférieur à *Paradoxides Rouvillei*, puis sur ceux à *P. mediterraneus*. J'y ai recueilli toutes les formes classiques de Trilobites et de Cystidés caractéristiques de ces deux subdivisions.

La série cambrienne est là indiscutablement renversée.

Je me suis ensuite efforcé de rechercher des fossiles dans les calcaires à *Archæocyathus*. J'ai été assez heureux pour y découvrir, en plusieurs points des deux versants de la Montagne Noire, quelques fossiles dont le savant spécialiste anglais M. E.-S. Cobbold, a bien voulu entreprendre l'étude et venir sur place visiter les gisements :

1° Dans la partie moyenne des calcaires qui affleurent près d'Albès (St-Geniès de Varensal), j'ai trouvé des restes d'un Trilobite nouveau, du genre *Micmacca* : *M. albesensis* Cobbold *in litt.* — Dans la même couche se voient des *Coscinocyathus*. Il est admis partout que *Micmacca* caractérise le Géorgien supérieur (S.-E. du Canada, Shropshire, Anti-Atlas, etc.).

2° A St-Geniès de Varensal, j'ai recueilli dans les derniers bancs de la formation à *Archæocyathus* de nombreux fossiles : *Branchiopodes*, tubes d'*Annélides*, qui sont à l'étude et que M. Cobbold estime semblables à ceux signalés dans le Géorgien de tout l'hémisphère Nord.

3° A Ferrals-les-Montagnes, dans ces mêmes calcaires à 15^{m} environ de leur contact avec les schistes à *Paradoxides* et les calcschistes de l'Acadien inférieur, j'ai trouvé de nombreux Trilobites d'un genre nouveau d'*Ellipsocephalidæ*.

Tous ces faits, stratigraphiques ou paléontologiques, sont nettement en faveur de l'âge géorgien supérieur des calcaires à *Archæocyathus*.

GÉOCHIMIE. — *Sur l'origine de l'hélium des gaz naturels. Localisation des gisements des gaz naturels les plus riches en hélium dans les dépôts lagunaires anciens.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. L. Cayeux.

1. On peut considérer les gaz naturels comme des mélanges constitués par de l'*azote brut* (azote + gaz rares) de composition voisine de celle de l'azote brut de l'air [1] (et d'origine atmosphérique), plus ou moins enrichi en hélium (d'origine radioactive), et dilué aux degrés les plus divers par les gaz (CO^2, H^2S, CH^4, H^2, N^2, etc.) issus des réactions géochimiques. Le titre (pour 100 en volumes) en hélium de l'azote brut d'un gaz naturel peut donc présenter plus d'intérêt que le titre en hélium du gaz brut.

2. Le tableau ci-après fait connaître les gaz naturels, à notre connaissance les plus riches en hélium, classés, pour chaque type, suivant le titre en hélium de l'azote brut (gaz naturel supposé privé d'air).

3. *a.* L'azote brut le plus riche en hélium provient des grisous [2], des gaz de pétrole de l'époque primaire [3] et des gaz spontanés des sources chlorurées sodiques du Trias. Non dilués par les produits gazeux de réactions géochimiques, ces derniers présentent les plus hautes concentrations en hélium jusqu'ici rencontrées dans les gaz naturels (Santenay, s. lithium : 10,16 pour 100 He dans le gaz brut).

b. Les sources minérales produisent des quantités d'hélium peu importantes (sources de Santenay, 23^{m^3} par an); les grisous en dégagent beaucoup plus (mines d'Anzin, 4380^{m^3} par an, Moureu et Lepape, *loc. cit.*). Mais ces débits restent insignifiants auprès de ceux des gaz de pétrole nord-américains [4]. Toutefois, il est probable que le sous-sol de l'étroit bassin

---

(1) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 839. Le titre en argon de l'azote brut de certains gaz volcaniques (activité chimique de l'azote) et des gaz de pétrole nord-américains est cependant très différent de celui de l'azote brut de l'air.

(2) D'après les données analytiques publiées par M. Coppens (*loc. cit.*), le titre maximum en hélium de l'azote brut du grisou croîtrait de l'Ouest (Marles : 1,7), vers l'Est (Liége : 22,2) du bassin franco-belge.

(3) Tous ces gaz de pétrole sont des gaz « émigrés », les gisements de gaz d'âge secondaire ne constituent donc que des exceptions apparentes. En Alberta, les terrains crétacés reposent directement sur les terrains dévoniens, riches en sel et en pétrole.

(4) M. Bottoms (*loc. cit.*) a évalué les ressources en hélium exploitable des États-Unis d'Amérique à 280000000^{m^3} dont $1/5^e$ pour l'État du Kansas (213000^{km^2}).

Origine du gaz naturel.	Age géologique.	Gaz naturel brut N² brut %.	Gaz naturel brut He %.	Azote brut Hélium %.
		1. *Grisous.*		
Belgique : Liége, Bois d'Avroy	Carbonif. moyen	0,257	0,0572	22,2 (1)
Charleroi, Forte-Taille	»	1,81	0,3302	18,2 (1)
Mons, Agrappe	»	0,37	0,050	13,5 (2)
France : Crespin (Nord)	»	0,33	0,0546	16,5 (1)
Trélys (Gard)	Carbonif. supér.	0,716	0,086	12,1 (1)
Anzin (Nord), Hérin	Carbonif. moyen	1,70	0,119	7,0 (1)
Allemagne : Ascheberg (Westphalie)	»	1,59	0,076	4,8 (3)
		2. *Gaz de pétrole.*		
U. S. A. : Rush (Kansas)	Carbonif. supér.	11,21	1,78	13,7 (4)
Wilson (Kansas), Buffalo	»	2,73	0,27	9,9 (5)
Las Animas (Colorado)	Jurassique	83,25	8,0	9,6 (6)
Grand (Utah), Harley Dome	?	77,12	7,07	9,2 (4)
Canada : Foremost Field (Alberta)	Crétacé supér.	2,2	0,213	9,7 (7)
Turner Valley Field (Alberta)	Crétacé	0,8	0,061	7,6 (7)
Peel County, Caledon (Ontario)	Silurien	12,0	0,79	6,6 (7)
		3. *Gaz de sources hydrominérales.*		
Santenay (Côte d'Or), S. Lithium	Trias	96,70	10,16	10,5 (8)
Maijières (Côte d'Or), S. Romaine	»	96,92	8,27	8,5 (9)
Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne) n° 13.	»	96,40	4,86	5,0 (9)
Saint-Gervais (Haute-Savoie), S. sulfureuse.	»	96,85	2,91	3,0 (10)
Air atmosphérique	—	78,97	$5,4.10^{-4}$	$6,8.10^{-4}$

(1) L. Coppens, *Bull. Soc. Chim. Belgique*, **43**, 1934, p. 335.

(2) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 847.

(3) F. Paneth, H. Gehlen et K. Peters, *Z. anorg. Chem.*, **175**, 1928, p. 383.

(4) R. R. Bottoms, cité par P. V. Rosewarne et R. J. Offord, *Mines branch, Depart. of Mines, Canada*, n° **727**, 1932, p. 42.

(5) H. P. Cady et D. F. Mc Farland, *J. Amer. Chem. Soc.*, **29**, 1907, p. 1523.

(6) E. Rutherford, *Nature*, **128**, 1931, p. 137.

(7) R. T. Elworthy, *Mines branch, Depart. of Mines, Canada*, n° **679**, 1926, p. 1.

(8) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, **155**, 1912, p. 197.

(9) Recherches inédites.

(10) Ch. Moureu, A. Lepape et M. Geslin, *Ann. Inst. Hydr. Clim.*, **7**, 1930, p. 1.

houiller franco-belge est au moins aussi riche en hélium que celui d'une superficie égale des vastes champs pétrolifères du Kansas (U. S. A.).

c. La teneur en hélium de l'azote brut des gaz naturels plus récents est généralement très faible (gaz de pétrole tertiaire de toutes les régions du globe).

d. Les formations géologiques qui recèlent ces gaz exceptionnellement riches en hélium présentent un caractère commun : ce sont des *dépôts lagunaires*. Il s'y est donc effectué, par voies biochimique (houille) et physico-chimique (roches-mères des pétroles, gîtes salins), une *concentration* de certains constituants chimiques des roches riveraines et des eaux marines. Et c'est parmi les substances minérales ainsi accumulées dans ces gisements *anciens* de houille, de pétrole et de sel qu'il convient de rechercher le ou les radioéléments générateurs de leurs réserves d'hélium.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la cause des variations de la conductibilité de l'air dans les grottes.* Note [1] de MM. **Camille Dauzère** et **Joseph Bouget**, présentée par M. Ch. Maurain.

Nous avons exposé [2] les variations considérables qu'éprouve avec le temps la conductibilité de l'air dans les grottes. Depuis cette publication, nous avons continué nos expériences et confirmé les prévisions formulées. En particulier, dans la Grotte des Fées, la conductibilité a retrouvé au printemps de 1934 les valeurs élevées de l'été 1933.

Il nous a été possible en même temps, de découvrir la cause des variations observées. Cette cause réside dans les courants d'air, qui soufflent dans les grottes avec des directions et des intensités variables. Lorsque, en un point d'une galerie souterraine, il existe un courant d'air qui vient des profondeurs de la grotte (le plus souvent inaccessibles), la forte ionisation de cet air augmente la conductibilité au point considéré. Au contraire, lorsque le courant vient du dehors, l'air extérieur faiblement ionisé chasse dans les profondeurs l'air fortement ionisé précédent, et la conductibilité diminue.

Ces courants d'air sont souvent extrêmement faibles, mais la fumée d'une cigarette permet de les déceler et de reconnaitre leur direction. Nous avons fait dans le courant de l'année 1934 une série d'expériences, qui nous ont

---

(1) Séance du 3 décembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 490.

montré, sans aucune exception, une conductibilité élevée associée à un courant d'air allant des parties profondes de la grotte vers l'ouverture et, au contraire, une conductibilité faible associée à un courant d'air rentrant.

Tel est le cas de la Grotte des Fées, dont la température est, en été, plus basse, en hiver, plus élevée que la température extérieure. De ces différences de température, résulte un courant d'air allant de la partie froide à la partie chaude, c'est-à-dire sortant de la grotte en été, rentrant dans la grotte en hiver. Nous avons constaté l'existence de ce courant d'air; il est très faible, mais il suffit pour expliquer les variations de la conductibilité, forte en été, faible en hiver.

Des variations au moins aussi importantes ont été observées dans un trou naturel de 2^m de profondeur et de 1^m de diamètre environ, qui s'ouvre, prés de Bagnères, au pied du rocher du Tucou, à 800^m environ d'altitude, au-dessus du bois de Naouail. Le trou se prolonge vers l'intérieur de la montagne, formée de calcaire jurassique, par des galeries étroites dont l'ouverture n'atteint pas $0^m,20$ de diamètre. En tout temps, un courant d'air très fort passe par l'ouverture (1). Mais, contrairement à ce qui se passe à la Grotte des Fées, ce courant entre dans le trou en été, et en sort en hiver. Nous avons constaté la permanence de la direction du courant, pendant l'hiver et l'été de 1934, et ses inversions au mois d'avril et au mois de novembre. La conductibilité se comporte comme le courant : elle est faible en été, au moment où le trou aspire ($\Lambda = 1,47$ le 31 mai à 15^h); elle est forte en hiver au moment où le trou refoule ($\Lambda = 30,6$ le 9 novembre à 15^h). Ce régime est inverse de celui de la Grotte des Fées, mais les changements se produisent aux mêmes saisons, dans l'un et l'autre cas.

Les résultats précédents doivent être rapprochés de ceux qui ont été obtenus récemment par Rössiger et Funder (2) qui ont mesuré l'ionisation de l'air dans la mine de fer abandonnée de Clausthal; un ventilateur produisait dans la mine un courant d'air artificiel, qui donnait lieu à des variations de l'ionisation, selon que le ventilateur était ou non arrêté.

---

(1) Le trou de Naouail présente quelque analogie avec les puits souflants du pays de Caux, étudiés par Idrac et Caulle (*La Nature*, n° 2919, 15 décembre 1933, p. 545-550).

(2) *Glückauf* (Essen), n° 37, 15 septembre 1934, p. 850-854.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Un nouveau procédé d'enregistrement des atmosphériques pour la prévision des orages.* Note de M. **R. Failletaz**, présentée par M. Ch. Maurain.

Au cours des travaux de la mission envoyée à Tamanrasset (Hoggar) à l'occasion de l'*Année polaire*, j'ai mis au point un nouveau procédé d'enregistrement des atmosphériques qui s'est révélé particulièrement adapté pour fonctionner en signalisateur d'approche des orages.

Le principe du procédé est le suivant :

Un récepteur radioélectrique du type courant est utilisé pour la détection et l'amplification des atmosphériques. On recueille le courant à la sortie des étages B. F., on le redresse et on l'utilise pour charger un condensateur. La charge de ce condensateur fixe le potentiel de la grille d'une lampe à trois électrodes don e courant anodique sert à actionner l'appareil inscripteur.

L'inscripteur est un milliampèremètre à inscription par pointés successifs, permettant d'obtenir quatre courbes sur le même diagramme, et auquel j'ai adjoint un système synchronisé pour la décharge périodique du condensateur.

La sensibilité d'un tel dispositif peut être poussée très loin puisque l'enregistreur donne à chaque pointé une valeur de courant en rapport avec l'énergie accumulée par les atmosphériques, dans le condensateur, pendant un laps de temps dont on est le maître.

Dans la pratique, il suffit d'adapter les caractéristiques de l'appareil pour que la décharge du condensateur se fasse toutes les minutes.

L'appareil a fonctionné à Tamanrasset durant les mois d'août et septembre 1933. Il donnait 4 courbes représentant l'activité moyenne des atmosphériques sur l'onde de 1000 Kc/s dans la direction des 4 points cardinaux.

La forte sensibilité du dispositif rend possible l'enregistrement des atmosphériques sur ondes courtes, ce qui présente des avantages au point de vue météorologique.

Sur les ondes courtes, en effet, les phénomènes de propagation se font fortement sentir; et, de jour, si l'on descend suffisamment bas dans la gamme des longueurs d'onde, seules les perturbations orageuses *proches* engendrent des atmosphériques pratiquement décelables. Or ce sont

surtout les perturbations proches qui intéressent le météorologiste, entre autre pour la protection des déplacements aériens.

Mais d'une manière générale, les perturbations orageuses isolées ou peu nombreuses donnent naissance à un nombre de décharges relativement faible; ce principe d'enregistrement permet cependant de les déceler et d'en donner une traduction graphique dès l'éclatement de la première manifestation électrique.

Durant la période de fonctionnement de l'appareil, une quinzaine d'orages ont été enregistrés.

Par situation calme, de jour, il y a absence complète d'atmosphériques, mais si un orage éclate dans une région qui n'est pas trop éloignée de la Station, la courbe d'activité des atmosphériques passe brusquement de zéro vers les ordonnées maxima.

L'écart entre le moment où l'appareil signalait la perturbation et le moment où elle apparaissait sur la Station a varié de 1^h30^m à 3^h.

Pendant la nuit, la tendance orageuse étant déficiente, j'ai pu faire fonctionner l'enregistreur, en augmentant sa sensibilité, de manière à capter les atmosphériques lointains ou de propagation aussi bien que les locaux. L'étude de la variation diurne sur ondes courtes présente beaucoup d'intérêt, mais elle s'est heurtée jusqu'ici à de sérieuses difficultés, du fait du manque de sensibilité des différents types d'enregistreurs expérimentés.

J'ai obtenu à Tamanrasset un certain nombre de courbes sur les ondes de 5000 Kc/s et 1000 Kc/s, dont les allures, outre la particularité du régime de jour, diffèrent fortement de celles que l'on constate sur les ondes longues le plus généralement étudiées ($F < 30$ Kc/s).

Le récepteur radioélectrique de l'installation qui a fonctionné à Tamanrasset était alimenté par quatre antennes dirigées vers les quatre points cardinaux.

L'appareil vient d'être remis en fonctionnement à l'Observatoire de Trappes; mais les antennes dirigées s'étant révélées d'un effet directif trop peu marqué, elles ont été remplacées par des cadres goniométriques.

M. R. Bureau fait établir à l'Observatoire de Trappes un goniomètre d'atmosphériques à cadre tournant du type qui fonctionne déjà à Saint-Cyr et qui est adapté pour les ondes longues.

Grâce à cette double installation, on aura donc une goniométrie permanente très complète des sources d'atmosphériques proches et des sources lointaines.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte d'un gisement de Mammifères pontiens à Douaria (Tunisie septentrionale).* Note de MM. **Frédéric Roman** et **Marcel Solignac**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le petit plateau de Couchet ed Douharia (point culminant 321^m) est, depuis de longues années, le siège d'une importante exploitation d'hématite (mines de Douaria). Situé au milieu d'un paysage caractéristique de plis isoclinaux à relief interverti, formé de grès nummulitiques (grès de Kroumirie) et de marnes mésonummulitiques, il occupe, à $2500\text{-}3000^m$ au Sud-Ouest du village de Sedjerane (feuille Hedil de la Carte d'État-major au 150000e), une plateure dans la zone axiale d'un anticlinal de marnes grises, plus ou moins argileuses et écailleuses, d'âge Auversien-Bartonien. Ces marnes servent de substratum à la formation ferrugineuse.

Celle-ci revêt un caractère nettement détritique, dépôt formé dans un lac peu profond par des apports continentaux d'origine immédiate, avec zones de concentration chimique, ayant donné naissance au minerai de fer. Les assises plongent légèrement vers le Sud; elles sont rapidement coupées par une faille qui les met en contact avec les marnes et grès du Mésonummulitique à facies mejdanien.

La coupe est observable aux abords du ciel ouvert du chantier IV de la mine. Sur les argiles grises de l'Auversien-Bartonien, mur de la minéralisation, on observe :

1. Banc irrégulier d'argile jaune très plastique ($0^m,30\text{-}0^m,50$) contenant des poches de kaolin. Ce minerai dérive de l'altération des dacitoïdes oligoclasiques et dacites de la région, dont un affleurement important existe à 2^{km} Nord-Est du Chouchet au Djebel Haddada,

2° Couche irrégulière de minerai de fer (1^m environ), minerai rocheux ou minerai en plaquettes, mélangés à des galets plus ou moins volumineux empruntés au Nummulitique. La teneur en arsenic du minerai en rend parfois l'exploitation impossible.

3° Argile jaune, rouge ou grise passant à de l'argile ocreuse, mélangée irrégulièrement à de la limonite et à de l'hématite, avec blocs roulés de grès éocènes ($0^m,30$ à $0^m,80$).

4° Minerai rocheux (2^m).

5° Couche irrégulière de minerai de triage ($0^m,80$) où l'hématite est associée à des blocs de grès.

6° Couche de minerai mince ($0^m,80$).

7° Tuf cinéritique, localement nommé « roche cendrée », avec éléments de dacitoïdes de la région (biotite, oligoclase, etc.) ($0^m,80$),

8° Minerai rocheux ($3^m,50$).

9° Revêtement détritique (2 à 14^{m}), comprenant un poudingue de cailloux roulés, de grès éocènes et plus rarement de galets de dacite mélangés irrégulièrement à de l'argile plus ou moins ocreuse, à du minerai pauvre spongieux, à des croûtes travertineuses et ferrugineuses.

Dans l'une de ces croûtes affleurant en surface, M. André a trouvé de nombreux débris de mammifères.

Deux crânes de *Rhinoceros pachygnatus* Wagner ont été recueillis; l'un d'eux pourvu de sa mandibule, impossible à séparer à cause de la dureté de sa gangue, offre exactement les dimensions des pièces de Pikermi décrites par Gaudry; la partie antérieure du nez et l'extrémité occipitale manquent. L'autre, plus jeune, montre une dentition supérieure en voie de remplacement : les prémolaires, encore dans le maxillaire, ont pu être partiellement dégagées.

Helladotherium Duvernoyi Gaudry est représenté par une série de trois molaires supérieures et d'une portion de P_4, adhérentes à un fragment crânien, et par une mandibule incomplète, portant M_3 et M_2 à muraille externe préservée et des débris de M_1 et de P_4.

Une croûte ferrugineuse, contenant une molaire supérieure usée de *Merycopotamus dissimilis* Fac. et Cautl., a aussi été recueillie sur ce point.

La même formation travertineuse est connue de plusieurs points de la région (Dj. Mendjel, Argoub el Mriss, Raguebet el Fiegel, etc.), où elle est caractérisée par *Helix* (*Iberus*) *fossulata* Pom. et *Archelix Solignaci* Pallary (¹).

La belle découverte de M. André permet donc de confirmer :

1° l'existence signalée pour la première fois en Tunisie de deux espèces bien identifiées, caractéristiques de la faune pontienne classique de Pikermi, et dont l'extension est considérable. Elle est à rapprocher de la faune du même âge du Sud Tunisien (faune du Djerid) (²), où prédomine *Merycopotamus*, et montre l'extension vers le Nord de ce genre asiatique dont on ne retrouve pas de représentants à Pikermi;

2° l'âge pontien, désormais inconstestable, des travertins à *Helix fossulata* de la Tunisie septentrionale;

3° l'âge pontien des minerais de fer des Mogods, des Nefsa et de Kroumirie, tel qu'il était déjà établi par l'un de nous (³).

(¹) M. SOLIGNAC, *Etude géologique de la Tunisie septentrionale*, Tunis, 1927, p. 381-387.

(²) F. ROMAN, *Ann. Univ. Lyon, Sc. Méd.*, fasc. 48, Lyon, 1931.

(³) L. BERTON et M. SOLIGNAC, *Congreso intern. VIIIe session* (Madrid), *Resumen e las comunicaciones anunciadas*, 1926, p. 101.

BOTANIQUE. — Alluaudiopsis fiherenensis, *Didiéréacée nouvelle de Madagascar*. Note de MM. **Henri Humbert** et **Pierre Choux**, présentée par M. L. Mangin.

Par l'étrangeté de leurs formes, l'organisation particulière de leurs fleurs et leur localisation dans une partie restreinte de Madagascar, les Didiéréacées constituent un des groupes les plus curieux de la flore de cette île. Ce groupe ne compte d'ailleurs qu'un petit nombre de représentants, auxquels l'un de nous a consacré une étude récente [1].

Or, *aux sept espèces de Didiéréacées actuellement connues, il y a lieu d'en ajouter une huitième, nouvelle très certainement*, et qui doit même constituer un *genre nouveau*.

Cette Didiéréacée a été rencontrée sur les pentes rocailleuses et escarpées des gorges du Fiherenana (calcaires crétacés) dans le *bush* très xérophile, à 20-30^{km} de la mer à 100-200^{m} d'altitude. Observée là par l'un de nous (H. H.) en juillet 1928, elle ne portait à ce moment-là, ni fleurs, ni fruits. Mais, au cours d'un quatrième voyage, elle a été retrouvée, fleurie, dans cette même localité, au début de novembre 1933, et fructifiée au début de mars 1934. D'autre part, M. Perrier de la Bâthie l'a observée, sans fleurs ni fruits, en avril 1933, dans les calcaires près du lac Manampetsa.

Il s'agit d'un arbuste, rameux souvent dès la base, à rameaux grêles, allongés, tantôt obliquement ascendants, tantôt un peu étalés et tantôt décombants.

Ces rameaux portent des épines isolées, coniques, de 7 à 15^{mm} de longueur, et des feuilles groupées par deux et verticalement disposées, ce qui serait, en somme, la disposition observée chez les *Alluaudia, si les feuilles géminées n'étaient placées ici au-dessus des épines*, alors qu'elles sont au-dessous des épines dans les *Alluaudia*.

Ces feuilles, un peu succulentes, persistantes, diffèrent également, soit par leurs formes, soit par leurs dimensions, de celles des *Alluaudia*. Elles sont en effet oblongues-elliptiques ou sublinéaires-oblongues ou obovales-oblongues et ont de 9 à 32^{mm} de longueur sur 2 à 5^{mm} de largeur.

La plante est dioïque. Les inflorescences, disposées vers l'extrémité des rameaux et placées, comme les feuilles, au-dessus des épines, sont des

---

[1] P. Choux, *Les Didiéréacées, xérophytes de Madagascar* (*Mém. de l'Acad. malgache*, fasc. XVIII, 1934).

cymes, assez régulièrement bipares, plusieurs fois ramifiées et qui ont de 7 à 14^{cm} de longueur.

Les fleurs des deux sexes ne présentent pas le dimorphisme si accusé que l'on observe dans les *Alluaudia ascendens* Drake, *comosa* Drake, *dumosa* Drake et *Humberti* Choux. On remarque seulement que *les fleurs mâles sont légèrement plus petites que les fleurs femelles* et que, dans les premières, les pétales dépassent quelque peu les sépales, alors qu'on observe la disposition inverse chez les secondes.

Mais, par ailleurs, ces fleurs offrent bien l'organisation générale de celles des Didiéréacées.

Extérieurement, on trouve deux sépales opposés, scarieux, un peu visqueux, verts olivâtres un peu lavés de rouge, qui sont comme pliés en deux vers l'intérieur de chaque côté de leur nervure médiane et qui, se regardant par cette face interne repliée, présentent bien la même disposition que dans les *Alluaudia* et le *Decaryia*. La présence, à la base de ces sépales, d'une partie décurrente sur le pédicelle floral, et la soudure des deux sépales par leurs bords dans la moitié inférieure de cette partie décurrente, comme encore l'inégalité fréquente de longueur et de largeur entre les deux sépales d'une même fleur, sont également des caractères rappelant ce que l'on observe dans certaines espèces d'*Alluaudia* et dans le *Decaryia madagascariensis* Choux. La longueur de ces sépales est de 10,7 à 15^{mm}, dont 1,5 à 2^{mm} pour la partie décurrente, dans les fleurs femelles, et 7,5 à 9^{mm}, dont 1^{mm} pour la partie décurrente, dans les fleurs mâles.

Les quatres pétales, d'un vert jaune pâle, sont disposés en deux paires croisées et ont sensiblement même longueur dans les fleurs des deux sexes (9 à 10^{mm},5), mais sont plus allongés que les sépales dans les fleurs mâles et plus courts que ces sépales dans les fleurs femelles.

L'*androcée comprend sept étamines seulement*, alors que, dans les autres Didiéréacées, il y a de huit à dix étamines. Ces étamines, bien développées dans les fleurs mâles, avec des filets staminaux de 3,5 à 4^{mm} de longueur supportant des anthères médifixes de coloration jaune, ne sont représentées, dans les fleurs femelles, que par des staminodes de 2,5 à 3^{mm} de longueur, d'un jaune rosé pâle vers le haut.

Le pistil, presque complètement absent dans les fleurs mâles, est au contraire bien développé dans les fleurs femelles. Il comprend un ovaire sessile, un peu en forme de dôme, de 1^{mm} de hauteur sur 0^{mm},7 de largeur, surmonté par un *style assez allongé*, de 5^{mm},5 à 6^{mm},3 de longueur, ayant donc, en moyenne, *six fois la longueur de l'ovaire* et terminé par un

stigmate assez volumineux, blanc de lait, à deux lobes irrégulièrement découpés. Or, aucun autre *Alluaudia* ne présente un style aussi allongé, et, dans les autres espèces de ce genre, cet organe a, au maximum, une fois et demi la longueur de l'ovaire.

Les fruits, indéhiscents, à péricarpe mince, sont obovés et ont $4^{mm},5$ de hauteur sur 3^{mm} de largeur; ils sont entourés par les pétales persistants et par les sépales persistants et embrassants.

En résumé, l'*Alluaudiopsis fiherenensis* (c'est le nom que nous donnons à cette espèce) est incontestablement une Didiéréacée et offre certains traits de ressemblance avec le genre *Alluaudia;* il en a notamment les épines isolées, les feuilles géminées et les sépales embrassant le fruit.

Mais la disposition des feuilles au-dessus des épines, jointe au nombre des étamines réduit à sept, à la longueur du style et encore à la forme assez différente des feuilles, nous paraissent constituer un ensemble de faits suffisants pour justifier la création d'un genre nouveau, pour lequel le nom d'*Alluaudiopsis* précise la parenté avec le genre *Alluaudia*. De plus, si cet *Alluaudiopsis fiherenensis* se rencontre bien dans le *Domaine du Sud-Ouest*, qui est, à Madagascar, la région d'élection des Didiéréacées, il semble que ce soit, dans ce Domaine, une espèce fort peu répandue.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme du phosphore dans les feuilles du Gui*. Note de M. **Émile Michel-Durand**, présentée par M. Marin Molliard.

L'objet de la présente Note est d'exposer les résultats relatifs à l'évolution du phosphore obtenus sur les feuilles de Gui, en utilisant un procédé d'analyse immédiate permettant de doser les principaux composés phosphorés des tissus végétaux.

Voici dans ses grandes lignes la technique suivie [1].

---

[1] Cette technique est le résultat d'expériences préliminaires effectuées soit sur des produits commerciaux phosphorés, soit sur les extraits végétaux eux-mêmes. Au cours de mes recherches, MM. Javillier et Y. Collin ont publié (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 1552) une méthode d'analyse immédiate des différentes formes de phosphore des tissus vivants qui paraît offrir toutes les garanties désirables. Engagé dans une voie un peu différente sur le même problème, les résultats déjà obtenus, pour être comparables, ne me permettaient plus d'utiliser la technique de MM. Javillier et Collin.

1° A chaque récolte, on découpe sur 100 feuilles 3 rondelles de 10^{mm} de diamètre; après broyage, les tissus sont épuisés à l'alcool bouillant dans un appareil de Kumagawa. L'extrait alcoolique obtenu évaporé à sec est mis à digérer avec de l'éther bouillant. L'éther est distillé, le résidu minéralisé; le phosphore dosé représente le *phosphore lipidique*. Le produit soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther, est minéralisé; le phosphore dosé figure dans le tableau d'analyse sous la rubrique *phosphore soluble résiduel*.

Ce dernier ne renferme ni phosphate, ni phytine.

2° Les tissus dégraissés sont mis en contact dans un appareil de Büchner avec une solution d'acide trichloracétique à 10 pour 100. L'extrait ainsi obtenu renferme le phosphore minéral, phytique et organique soluble. On minéralise une fraction de l'extrait, on dose le phosphore et l'on obtient ainsi le *phosphore soluble total*. Dans le reste de l'extrait *acide*, on précipite la phytine au moyen d'une solution d'acétate de calcium. Le précipité est minéralisé, le phosphore dosé représente le *phosphore phytique*. Dans le filtrat précédent, on sépare les phosphates au moyen de la mixture magnésienne; le précipité est minéralisé; le phosphore dosé correspond au *phosphore minéral*.

Par différence

Phosphore soluble total — phosphore (phytique + minéral) = phosphore org. soluble.

Les tissus épuisés à l'alcool et à la solution trichloracétique sont minéralisés; le phosphore dosé représente le *phosphore résiduel insoluble*.

Les minéralisations sont effectuées avec le mélange sulfonitrique et les dosages du P, suivant la méthode Copaux.

Résultat des analyses.

		Phosphore en mg.						
Dates des récoltes.	Poids sec en g.	total soluble dans l'alcool.	lipidique.	total soluble dans l'eau acide.	phytique.	minéral.	organ. soluble.	résiduel insoluble.
9 mai.......	10,936	3,6	3,4	32	12,8	20	0	6
16 mai.......	10,390	4	4	30,6	10,2	17,4	3	6
14 juin.......	10,653	5,2	4,4	25,4	6	13,6	6,6	8,5
15 juillet.....	10,217	5,4	2,8	20,6	3,6	10,6	6,4	6,7
20 août.......	8,324	4,3	2,8	22	2,4	3,6	16	6,3
6 septembre .	7,920	5,3	2,6	20	2	2	15,4	6,3

Les jeunes pousses se développent de mai à juillet.

Les feuilles de juillet-août-septembre ont été récoltées en secouant le

Pommier portant le Gui. Les feuilles ainsi récoltées présentent une *teinte verte légèrement dégradée*.

A la suite de ces résultats on peut conclure que chez le Gui :

1° Une faible quantité de phosphore lipidique disparaît des feuilles avant leur chute; on le retrouve sous la forme de phosphore soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther.

2° Pendant la période de végétation considérée, le phosphore résiduel insoluble présente une stabilité remarquable; je me propose de rechercher si cette propriété peut être rapportée au phosphore nucléique.

3° Le phosphore phytique et minéral évoluent parallèlement.

Du 9 mai à la première chute de feuilles (15 juillet), pendant la poussée de printemps, la phytine et les phosphates émigrent vers la tige comme en témoigne la diminution corrélative du phosphore total soluble. Dans la suite les feuilles sont d'autant plus appauvries en ces deux formes de phosphore que leur chute est plus tardive; mais cet élément se retrouve dans ces mêmes organes sous la forme de phosphore organique insoluble dans l'alcool, soluble dans une solution d'acide bichloracétique à 10 pour 100, comme en témoigne la valeur constante du phosphore soluble total dans cette dernière période.

Il y aura lieu de rechercher, d'une part la nature de ce composé phosphoré, d'autre part le rapport de l'assise séparatrice du pétiole avec l'arrêt de la migration du phosphore vers la tige.

En résumé, malgré ses imperfections, la technique suivie permet d'isoler les différentes formes de phosphore et de suivre leurs transformations réciproques dans les tissus vivants.

Contrairement aux prévisions, le chimisme intense corrélatif de la chute des feuilles affecte tout particulièrement les formes simples de phosphore, phytique et minéral, ne fait qu'effleurer le phosphore lipidique et laisse indifférent le phosphore protéique.

Des travaux en cours d'exécution permettront d'établir si le phénomène est général ou se limite à l'espèce parasite considérée. Par sa teneur élevée en phosphore, cette plante constitue en effet un matériel de choix pour ce genre de recherches.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la synthèse d'un facteur de croissance par un microorganisme*. Note de M. **William Schopfer**, présentée par M. Molliard.

Un certain nombre de Mucorinées ne peuvent se développer sur un milieu rigoureusement synthétique que si un facteur de croissance, fonctionnant comme substance activante, est présent dans ce milieu. C'est le cas pour *Phycomyces blakesleeanus*, qui, sur un milieu liquide (glucose 10 pour 100, asparagine 1 pour 1000, sulfate de magnésium 0,5 pour 1000, phosphate acide de potassium 1,5 pour 1000) ne forme qu'un léger flocon submergé; en présence d'une très petite quantité de vitamine B_1 cristallisée ($C^{12}H^{18}O^2N^4S$, de Windaus), le développement de la culture est extrêmement intense; une dose de 0,0005 microgramme suffit pour activer le milieu. Ce champignon est en outre sensible à un autre facteur, différent de la vitamine B_1, et présent dans le germe de blé. D'autres Mucorinées se comportent comme *Phycomyces*, en particulier les formes parasites. Certains champignons de mycorhyze, impossible à cultiver sur milieu synthétique peuvent croître sur ce dernier si une petite quantité de vitamine B_1 est présente. Le problème du parasitisme et de la symbiose, envisagé à ce point de vue, apparaît sous un jour tout nouveau.

Si, à un milieu inactif pour *Phycomyces*, on ajoute de l'extrait du même champignon ayant crû sur un milieu activé par la vitamine B_1, le développement suit son cours normal. Des extraits effectués avec d'autres Mucorinées possèdent la même propriété activante. Nous utilisons *Absidia glauca* + (n° 9), *Absidia orchidis* + (n° 10), *Absidia repens* + (n° 7), *Mucor hiemalis* — (n° 12), *Mucor mucedo* — (n° 11), *Sporodinia grandis* (n° 8), *Rhizopus suinus* (n° 13). Ces diverses espèces peuvent se passer de facteur de croissance. Elles réagissent cependant à la vitamine B_1 et au facteur du germe de blé par une accélération plus ou moins marquée de la vitesse de leur croissance. Ces réactions sont spécifiques. Ces espèces doivent donc posséder la propriété de synthétiser leurs substances activantes propres sur un milieu qui en est dépourvu et peut-être de les laisser diffuser dans le milieu.

Tous les extraits sont préparés par broyage et contiennent 10g pour 100 de substance sèche du champignon.

Action des extraits de Phycomyces sur lui-même.
(Les champignons servant à préparer les extraits sont cultivés en présence de doses variables de vitamine.)

N°.	Champignon utilisé pour l'extrait. Vit. B_1 pour 500$^{cm^3}$ de milieu.	Poids frais.	Quantité d'extrait pour 20$^{cm^3}$ de milieu (poids en mg de substance sèche). 0.	1/10.	5/10.	1.	2$^{cm^3}$.
	γ	g					
1	0,3	0,2	0	–	8	–	–
2	0,5	1,3	0	–	–	10	–
3	1	3,2	0	–	–	–	6
4	10	8,2	0	–	10	14	19
5	50	10,5	0	–	9	14	19
6	100	10,95	0	6	12	28	42
	Action des extraits d'autres Mucorinées sur Phycomyces.						
7	–	8	0	18	31	59	–
8	–	1,3	0	20	31	48	39
9	–	6,9	0	7	17	21	39
10	–	5,2	0	19	37	60	95
11	–	1,8	0	13	21	31	64
12	–	0,7	0	12	51	76	–
13	–	3,2	0	15	22	48	–

Il est indiscutable que *Phycomyces* fabrique un facteur qui règle son propre développement; ce dernier est également synthétisé par les autres Mucorinées. Mais il se pourrait que la substance activante contenue dans l'extrait soit constituée simplement par une petite quantité de vitamine absorbée sans transformation à partir du milieu. D'autre part *Phycomyces* réagit à un facteur différent de la vitamine B_1; si l'on prend uniquement ce microorganisme comme test, il n'est donc pas possible de dire de quel facteur il s'agit. Une levure, *Saccharomyces cerevisiæ* (souche de Baarn), est, avec nos conditions de culture, totalement insensible à la vitamine B_1 (de Windaus), à la lactoflavine, vitamine B_2 (de Kuhn et de Karrer), ainsi qu'à un produit synthétique analogue à la lactoflavine, la 9-(dioxypropyl)-isoalloxazine (de Karrer). D'autre part, cette levure ne se développe que très faiblement dans le milieu utilisé, le nombre de cellules inoculées étant minime.

Si l'on ajoute au milieu des extraits de *Phycomyces*, la multiplication cellulaire est accélérée, proportionnellement à la quantité d'extrait adjointe (effet « bios »). L'intensité de développement de la culture est estimée par néphélométrie, à l'aide d'une cellule photoélectrique; les chiffres obtenus

correspondent au pourçentage de lumière absorbée par rapport à un témoin constitué par le milieu inoculé. Avec 1/10e de centimètre cube d'extrait, l'effet activant est net. Il est proportionnel à la quantité d'extrait.

Nos	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1^{cm^3} d'extrait	4,9	11,3	12,9	19,4	3,3	11,2
2^{cm^3} »	3,4	9,7	19,3	35,5	19,4	22,5

Cultivé sur un milieu liquide contenant la vitamine B_1 indispensable, *Phycomyces* synthétise donc un facteur différent de celle-ci, capable d'activer la multiplication cellulaire de la levure étudiée.

Les extraits des autres Mucorinées (nos 7 à 13) exercent la même action. Ce facteur doit également intervenir dans le métabolisme de *Phycomyces*; il serait l'équivalent d'une hormone régulatrice du développement.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Production d'un isomère de la corynanthine par l'estérification méthylique de son produit de saponification alcaline.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Delépine.

Découverte par Perrot ([1]), la corynanthine, alcaloïde cristallisé du *Pseudocinchona africana* A. Chevalier, a été étudiée au point de vue chimique par Fourneau ([2]). D'après ce chimiste, la corynanthine, qui est un isomère de la yohimbine, donne naissance, par saponification, à un acide qui, traité par l'alcool absolu, se transforme en son anhydride : $C^{20}H^{24}N^2O^3$.

Ayant préparé, par la méthode que nous avons fait connaître précédemment ([3]), une assez grande quantité de corynanthine pure, nous l'avons, pendant 2 heures, traitée au bain-marie par une solution de potasse dans l'alcool éthylique à 70°. Après concentration de la liqueur et décantation, on a obtenu une masse cireuse qui a été dissoute dans l'eau distillée. Cette solution, additionnée d'acide chlorhydrique dilué jusqu'à très faible réaction acide, a abandonné un précipité cristallin qui a été dissous dans l'eau ammoniacale. Après qu'on eût soumis cette dissolution à une ébullition prolongée, on a obtenu de nouveau un précipité cristallin. Celui-ci, après dessication à 100° dans le haut vide et en présence de pentoxyde de

---

(1) E. Perrot, *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 1465.
(2) E. Fourneau, *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 1770; **150**, 1910, p. 976.
(3) Raymond-Hamet, *Bulletin des Sc. pharmacologiques*, **40**, 1933, p. 523.

phosphore, a fourni des valeurs microanalytiques concordant avec la formule $C^{20}H^{24}N^{2}O^{3}$, c'est-à-dire avec celle de l'anhydride correspondant à l'acide corynanthique.

Notre anhydride a été mis en suspension, d'une part dans l'alcool méthylique à 99°9, d'autre part dans l'alcool éthylique absolu, puis estérifié par le gaz chlorhydrique sec.

Le chlorhydrate de l'ester méthylique ainsi obtenu nous a donné les mêmes valeurs microanalytiques que le chlorydrate de corynanthine naturelle. De plus, la micro-méthode de Zeisel nous a permis de nous assurer qu'il possède comme cette dernière un groupement OCH^{3}. Mais, alors que le chlorhydrate de corynanthine naturelle est lévogyre, le chlorhydrate de l'ester méthylique obtenu est dextrogyre; en outre, celui-ci est moins soluble dans l'eau que celui-là.

La base correspondante au chlorhydrate de notre ester méthylique ayant été mise en liberté par le bicarbonate de sodium, nous l'avons cristallisée dans l'alcool méthylique à 50° et avons ainsi obtenu de belles aiguilles blanches dont la déviation polarimétrique dans la pyridine est de $+107^{\circ},2$, alors que dans le même solvant, celle de la corynanthine naturelle cristallisée de la même façon est de -73°. On est donc en présence d'un isomère droit de la corynanthine que nous désignerons sous le nom de *pseudocorynanthine*.

L'ester éthylique du produit de la saponification alcaline de la corynanthine a été également mis en liberté de son chlorhydrate par le bicarbonate de sodium. Recristallisé dans l'alcool éthylique à 50°, il a donné de belles aiguilles blanches dont le pouvoir rotatoire dans la pyridine est de $+95^{\circ},9$.

Ainsi donc, alors que, dans les mêmes conditions expérimentales, la yohimbine fournit un acide yohimbique qui donne naissance à un ester méthylique identique à l'alcaloïde naturel, c'est un isomère de la corynanthine qu'on obtient par la saponification alcaline et l'estérification de cet alcaloïde.

Un phénomène analogue s'observe avec la cocaïne dont on peut obtenir un isomère dextrogyre, la pseudococaïne, par estérification de son produit de saponification alcaline.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Les micro-bioclimats des îles du Cap Vert et les adaptations de la végétation.* Note de M. **Auguste Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une Note précédente, j'ai montré que la végétation primitive des îles du Cap Vert était beaucoup plus méditerranéo-atlantique qu'africaine. Cependant on y observe quelques éléments sahariens ou sénégalais d'origine ancienne vivant dans les régions les plus arides de l'Archipel. Ces îles présentent en eflet, malgré leur faible étendue, une grande diversité de climats écologiques que nous appellerons, à l'exemple de H. Scaëtta, des micro-bioclimats, les uns primitifs, les autres dus à la destruction de la végétation spontanée et de l'humus par l'homme et les animaux domestiques.

Au quaternaire, au moins à certaines périodes, le climat de l'ensemble de l'Archipel était plus pluvieux et plus froid. Nous avons trouvé à Pedra-de-Lume (île de Sal), au niveau de la mer, des tufs avec empreinte de feuille de Sideroxylon Marmulano, *plante qui vit encore au bord de la mer à Madère, mais qui manque à Sal et qui ne vit plus dans les îles de S. Thiago, Fogo, S. Antao que sur les montagnes ou au bord des barrancos.*

Nous avons des preuves de la grande pluviosité quaternaire par les ravins profonds (ribeiras) qui descendent des montagnes et dont le lit est encombré de blocs roulés, alors que l'eau n'y coule plus de nos jours. Cependant, il existait déjà au quaternaire des saisons sèches et des saisons pluvieuses différenciées comme le prouvent des bancs de latérite fossile alternant avec des coulées de lave. La végétation de cette période était tropophile et ses représentants qui subsistent sont réfugiés sur les montagnes. La végétation des îles était déjà battue par des vents violents : la plupart des végétaux ligneux de l'Archipel ont un port dracoïde (tronc court, divisé en de nombreux rameaux rapprochés formant boule ou candélabre et sur lesquels le vent a peu de prise).

Les micro-bioclimats des îles ont périclité après la découverte, par suite de la destruction de la végétation primitive. Une aridité très grande s'est emparée des îles de l'Est (Sal, Boa-Vista, Maïo) où la végétation est saharienne. A Sal, la moyenne annuelle des pluies pour les quatre années 1930-1933 est de 130^{mm}, ce qui ne permet plus aucune culture. A Boa-Vista et Saint-Vincent, un micro-bioclimat dunaire s'est installé en certains points par suite des apports de sable du Sahara par l'harmattan. Ce micro-bioclimat dunaire serait assez récent comme le prouvent les nombreux

troncs de *Tamarix* fossilisés et à demi enfouis dans le sable (à Boa-Vista).

L'aridité est moins grande dans les îles occidentales. A Praia, au niveau de la mer, la moyenne annuelle des pluies pour 50 années serait de 207^{mm}; cependant, sur les versants sud et sud-ouest des montagnes des îles, la flore primitive est presque complètement anéantie, et l'on ne trouve plus guère que des plantes rudérales résistantes à la sécheresse.

Un micro-bioclimat relativement humide, permettant la culture du caféier, se maintient sur les versants nord, nord-est des montagnes des îles San-Thiago, Fogo, S. Antão. C'est ainsi qu'à Sta Catharina, au nord de la Serra du Pic d'Antonia (S. Thiago), par environ 459^{m} d'altitude, on enregistre pour les cinq années 1929-1933 une moyenne annuelle de 404^{mm} de pluies.

Le micro-bioclimat le plus pluvieux de l'archipel, entretenant une végétation tropophile et même hygrophile, est celui de la rivière Paúl à S. Antão. On y a enregistré jusqu'à 903^{mm} d'eau par an, répartis sur 57 jours de pluies. L'alizé nord-est vient frapper par rafales la muraille presque verticale du volcan Cova et provoque fréquemment, entre 800 et 1200^{m}, la formation d'une mer de nuages qui crèvent souvent sous forme de pluies et de rosées abondantes.

Aussi existe-t-il dans cette région des ruisseaux permanents, des fougères, des plantations de Caféiers et de Quinquina. A l'opposé, c'est-à-dire sur le versant sud de l'île S. Antão, existe au contraire une grande aridité et une végétation quasi désertique. Les montagnes séparant les versants dont les cimes atteignent de 1300 à 1800^{m} forment une ligne de fœhn, vent chaud et sec qui se déverse par les vallées sud-est dans la partie méridionale de l'île et y interdit toute culture. L'homme a aggravé encore l'aridité en détruisant la végétation primitive des cimes : *Cytisus stenopetala*, *Dracæna Draco*, *Sideroxylon* sp. qui occupaient autrefois les mamelons et les rochers sont devenus très rares et l'humus a disparu ; l'eau des pluies ruisselle et disparaît dans les crevasses. Au dire des habitants, les années d'extrême sécheresse deviennent plus fréquentes et l'on s'achemine vers un climat désertique sauf sur les versants nord et nord-est des montagnes, où grâce aux vents, les pluies et les condensations occultes sont encore fréquentes. On observe ainsi sur des îles d'étendue restreinte des micro-bioclimats très variés, les uns tendant vers l'aridité saharienne, les autres assez humides et chauds pour se prêter à diverses cultures tropicales.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La longévité des graines macrobiotiques.* Note de M. **Paul Becquerel**, transmise par M. Louis Mangin.

Désirant savoir si les plus anciennes graines macrobiotiques, que j'avais découvertes en 1906 dans la graineterie du Muséum national de Paris, avaient encore conservé leur pouvoir germinatif j'ai entrepris de nouveaux essais (1). Quelques-unes de ces graines me furent remises par M. A. Guillaumin, pendant que les autres provenaient de mes anciens sachets. Comme ces graines exceptionnelles ne se gonflent pas dans l'eau, elles ont demandé un traitement spécial : stérilisation et perforation de leur tégument, ensemencement sur de l'ouate humide dans des tubes stérilisés fermés par un bouchon d'ouate, comme pour des cultures pures. Ces tubes furent ensuite placés en position inclinée dans une étuve à la température constante de 28°C. Le tableau ci-dessous donne les résultats des germinations, leur espèce avec l'âge des graines, leur pouvoir germinatif en 1906 et 1934, leur longévité actuelle et leur durée probable.

Espèces macrobiotiques.	Date de la récolte.	Graines levées en 1906.	Graines levées en 1934.	Longévité constatée.	Longévité probable.
(2) *Mimosa glomerata.* Forsk....	**1853**	5 sur 10	5 sur 10	**81** ans	221 ans
Melilotus lutea. Gueld.........	1851	3 » 10	0 » 10	55 »	–
Astragalus Massiliensis. Lam....	**1848**	0 » 10	1 » 10	**86** »	100 ans
Cytisus austriacus. Linn.........	1843	1 » 10	0 » 10	63 »	–
Lavatera Pseudo-olbia. Desf.....	1842	2 » 10	0 » 10	64 »	–
Dioclea Pauciflora. Rusby......	**1841**	1 » 10	2 » 10	93 »	121 ans
Ervum Lens. Linn..............	1841	1 » 10	0 » 10	65 »	–
Trifolium arvense. Linn.........	1838	2 » 10	0 » 10	68 »	–
Leucæna leucocephala. Linn.....	**1835**	2 » 10	3 » 10	**99** »	155 ans
Stachys nepétifolia. Desf........	1829	1 » 10	0 » 10	77 »	–
Cytisus biflorus. L'Herit........	1822	2 » 10	0 » 10	84 »	–
Cassia bicapsularis. Linn.......	**1819**	3 » 10	4 » 10	**115** »	199 ans
Cassia Multijuga. Rich.........	**1776**	–	2 » 2	**158** »	–

On s'étonnera peut-être du petit nombre de graines mises en germination. Malheureusement la graineterie du Muséum, désirant conserver ce précieux matériel presque épuisé, n'a pu me fournir 100 graines pour

(1) *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 1549.

(2) En lettres italiques : espèces dont les graines sont vivantes.

chaque espèce ce qui m'eut permis d'établir plus rigoureusement leur pouvoir germinatif. Cependant les résultats positifs obtenus sont déjà extrêmement intéressants. En effet en parcourant ce tableau nous voyons d'abord que les graines de *Melilotus lutea* de 1841, de *Lavatera pseudo olbia* de 1842, d'*Ervum lens* de 1841, de *Stachys nepetifolia* de 1829, de *Cytisus biflorus* de 1822, qui m'avaient donné en 1906 une ou deux germinations sur dix graines, on perdu en 1928 leur pouvoir germinatif. Elles semblent avoir atteint le terme de leur vie latente. Ensuite une espèce qui n'avait pas donné de germination en 1906, *Astragalus Massiliensis* de 1848 en a présenté une sur dix en 1934, ce qui prouve que son pouvoir germinatif s'est maintenu depuis 86 ans. Actuellement il est voisin de 10 pour 100. *Maintenant sont encore vivantes les graines de* Mimosa glomerata *âgées de* 81 *ans, de* Diocles pauciflora *de* 93 *ans, de* Leucaena leucocephala *de* 99 *ans, de* Cassia bicapsularis *de* 115 *ans.* Or ces quatre espèces ne paraissent avoir subi aucune baisse de leur pouvoir germinatif depuis 28 ans, puisque le nombre de graines germées sur dix en 1934 est sensiblement le même et plutôt supérieur à celui obtenu en 1906. Malgré cela, admettons que le pouvoir germinatif se réduit de 10 pour 100 tous les 28 ans. Nous pouvons alors prévoir une longévité de 221 ans pour les graines de *Mimosa glomerata*, de 199 ans pour les graines de *Cassia bicapsularis*, de 155 ans pour celles de *Leucaena leucocephala*, de 121 ans pour celles de *Dioclea pauciflora*. Cette longévité probable des graines macrobiotiques allant de 100 à 200 ans ne semble pas exagérée depuis la nouvelle découverte que je viens de faire dans l'herbier d'Adanson du Muséum. En effet grâce au bienveillant concours de M. Humbert et de M. Metman, j'ai réussi à recueillir dans cet herbier quelques graines d'une vingtaine d'espèces de Cassia.

Deux graines provenant de gousses d'un même rameau d'un Cassia multijuga *Rich. de* 1776 *me fournirent deux belles germinations âgées de* 158 *ans datant, par conséquent, du début du règne de Louis XVI.* Cette germination dépasse le record de la longévité détenu par les graines âgées de 150 ans d'un *Nelumbium speciosum*, du British Museum, que Robert Brown a fait germer en 1850. M. Ohga, en 1926, a essayé de faire germer quelques graines de ce fameux *Nelumbium*, mais il a constaté qu'elles avaient perdu leur pouvoir germinatif. A côté de ce cas célèbre, se rangent les remarquables germinations des graines de *Goodia latifolia*, d'*Hovea heterophylla*, âgées de 105 ans, obtenues par le savant physiologiste J. Ewart, et

celles des graines d'*Anthyllis vulneraria* et de *Trifolium striatum*, de 90 ans, réalisées par J. H. Turner [1].

Maintenant, quelles sont les causes de la longévité de ces graines? Ainsi que je l'ai déjà démontré expérimentalement [2], celles-ci résident principalement dans l'état de déshydratation de l'albumen et de la plantule ne renfermant plus que de 2 à 5 pour 100 d'eau et dans son maintien par un tégument complètement imperméable à l'eau et à l'air *dans toutes ses parties même les plus faibles*, celles du hile et du micropyle obturées par la dessiccation. La plantule, enfermée dans son tégument comme dans un vase hermétiquement clos, ne peut plus réaliser des échanges gazeux avec l'atmosphère. Sa vie latente dans ces conditions naturelles, pour certaines espèces très rares, ne serait qu'une anaéro-anhydrobiose très ralentie ne dépassant guère 200 ans. Mais si après avoir perforé le tégument et enlevé toutes traces d'eau et de gaz [3] on conserve les graines dans le vide sec à l'obscurité et aux basses températures, non seulement on peut rendre macrobiotiques toutes les graines qui ne l'étaient pas, mais encore on peut les faire passer de l'état de vie anaérobie ralentie à l'état de vie suspendue, conférant à leur pouvoir germinatif une énorme durée et à leur espèce la faculté de traverser les siècles.

CYTOLOGIE. — *Sur l'existence d'un appareil parabasal dans les cellules flagellées des larves nageantes, chez l'Oursin*, Paracentrotus lividus. Note de M. **Raymond Hovasse**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait que l'appareil parabasal, décrit en premier lieu par Grassi (1904) chez *Joenia*, est retrouvé depuis lors chez beaucoup d'autres flagellés, n'est pas spécial aux Protistes.

M. Volkonsky l'a le premier reconnu comme tel chez les Éponges calcaires (1929) : c'est l'organite désigné auparavant, par Hirschler (1914), puis par Gatenby (1919), comme appareil de Golgi. O. Tuzet a confirmé ses résultats et les a étendus aux Éponges siliceuses (1931).

Duboscq et Grassé rappellent également (1933) deux observations moins certaines dues à Cowdry (1921) et à Azéma (1927), signalant l'exis-

---

(1) *Bull. of Misc. inform.*, n° 6, p. 5, Kew, 1933.
(2) *Ann. Sc. nat.*, 13, 1907, p. 192.
(3) Paul Becquerel, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 805.

tence d'un appareil comparable au parabasal dans certains éléments flagellés de *Mustelus canis*, pour le premier de ces auteurs, et d'*Ascidia mentula* pour le second.

Enfin Volkonsky a décrit, en 1930, chez les Sipunculides, un parabasal d'un type un peu différent, annexé à chacun des cils de l'urne, tandis que A. et M. Lwoff, en 1931, interprétaient comme parabasal un organite en massue issu du centrosome au cours de la spermiogenèse de divers Vertébrés : ainsi se terminait la liste des appareils parabasaux connus chez les Métazoaires.

Une heureuse préparation, effectuée cet été à la Station biologique de Roscoff, me permet de signaler un nouveau matériel d'étude pour l'appareil parabasal : il s'agit tout simplement de l'Oursin.

Les figures de J. Müller (1846-1854), de Selenka (1876), de Théel (1895), tirées d'études du développement de divers Échinodermes, montrent que les cellules externes des larves nageantes sont au moins partiellement flagellées.

Chez l'Oursin, ces cellules traitées par le liquide de Flemming peu acétifié, ou bien par des fixateurs mitochondriaux (liquides de Champy, Hirschler, Benoît, Mann), ou imprégnées à l'osmium, montrent dans l'intercinèse, l'existence d'un appareil parabasal, relié au centrosome qui donne insertion au flagelle.

Il y a donc là, du point de vue strictement morphologique, un ensemble tel que celui désigné par E. Chatton comme cinétide typique (1924), ou protocinétide (1931).

Je me borne à décrire cet appareil, laissant de côté aujourd'hui l'examen des questions générales auxquelles son étude permet de répondre.

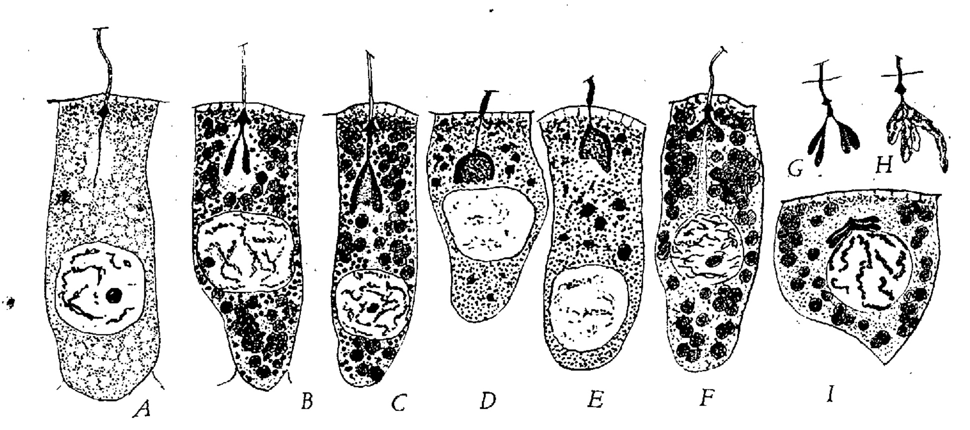
La fixation au liquide de Bouin (*fig.* A) conserve le flagelle, sa racine, qui traverse un cône creux membraneux, en forme d'entonnoir, et aboutit à un fort centrosome situé exactement en dessous. Plus près du noyau, une aire claire indique la place qu'occupait le parabasal, ici détruit. Du centrosome part une fibre desmotique qui se dirige vers le noyau, mais disparaît avant de l'atteindre.

Après fixation au liquide de Champy et coloration par la méthode de Volkonsky, le flagelle, violacé, aboutit, après un court trajet intracellulaire, à l'entonnoir bleu vif, qui masque ici généralement le centrosome. Il part de celui-ci un cordon rouge plus ou moins long, simple ou double, aboutissant au corps parabasal.

La forme de celui-ci est assez constante (*fig.* B à F) : presque partout

l'organite est au moins double, comprenant deux ou plusieurs masses ovoïdes, effilées vers le centrosome. Tantôt elles se teintent uniformément en bleu noir; tantôt leur face interne, moins nettement délimitée, est moins colorable, gris bleu ou rose.

Après coloration au fer, les parabasaux sont, soit homogènes, soit constitués par deux substances, l'une chromophile externe, l'autre chromophobe interne. Cette dernière est souvent continue entre les parabasaux. Il y a de grandes variations de taille entre ceux-ci, mais avec une certaine indépendance entre eux. Séparément ou simultanément, ils peuvent présenter ces



Paracentrotus lividus. Cellules ou portions de cellules flagellées de blastulas nageantes. Fixations A, Bouin; B, C, Champy; D, E, Champy postosmifié; F, G, H, I, Flemming; B, C, F, I, méga: somes, associés aux mitochondries en B et C. Toutes cellules aux repos, sauf I, prophase × 1500.

aspects que Volkonsky a interprétés, chez les Spongiaires, comme dégénérescences de l'organite. Mais ici, même dégénérescent, le parabasal paraît relié au centrosome (*fig.* H).

L'état double de l'appareil semble l'état le plus simple; les formes plus compliquées, triples ou quadruples (*fig.* G, H) peuvent parfois s'interpréter comme dérivées de la forme double; chaque masse se scindant longitudinalement à partir de son extrémité libre.

Quant à la desmose, démontrée par la fixation au Bouin, elle est mieux conservée par les autres fixateurs qui la montrent comme faisant partie d'un cône achromatique plus ou moins allongé (exceptionnellement long dans la figure F), et qui, partant du centrosome, fixe sa base sur une calotte nucléaire. Il s'agit là d'un reste fusorial typique et constant.

Les imprégnations osmiques (Kopsch, Kolatcheff) ou argentiques, dans certaines conditions, donnent des résultats analogues aux précédents, sans

toutefois mettre en évidence le centrosome ou le cône qui le recouvre (*fig.* D, E).

Forme, structure, connexions, réactions de coloration, identifient cet organite d'Échinoderme au parabasal des choanocytes d'Éponges, aussi bien qu'à celui de maint Flagellé.

CYTOLOGIE. — *Existence de relations entre la mitosine gamétotrope, les modifications du vacuome radié et le déclenchement de la mitose réductionnelle précessive de l'ovulation et de la formation du corps jaune chez le lapin.* Note (1) de M. **R. Moricard**, présentée par M. A. Gosset.

Chez la lapine adulte, quand il existe une congestion moyenne du tractus génital, on peut noter dans chaque ovaire la présence de cinq à six follicules transparents très légèrement saillants. On prélève un des ovaires : une partie est fixée au liquide de Bataillon, l'autre par la méthode de Da Fano. Dans les follicules mûrs, il n'existe pas de phénomènes dégénératifs importants, la zone de Golgi des cellules périovocytaires est étroite et possède une orientation irrégulière par rapport à l'ovocyte, les images de vacuome radié manquent ou sont rares et, si elles existent, elles ne sont nettes que pour quelques cellules périovocytaires faisant généralement partie de la deuxième assise de cellules périovocytaires.

L'ovocyte a un noyau excentrique, les éléments de Golgi sont répartis à la face profonde du chorion et quelques éléments constituent un amas central situé en dedans du noyau.

Immédiatement après prélèvement d'un ovaire, on injecte par voie intraveineuse vingt unités souris (effet de lutéinisation de l'ovaire de souris impubère) d'extrait d'urine de femme enceinte. Sept heures après l'injection, l'ovaire restant est macroscopiquement peu modifié, les follicules sont un peu saillants, surtout le tractus génital est très nettement plus congestif et prend une teinte rouge violacée.

L'ovaire restant est divisé en deux parties et fixé dans des conditions identiques à celles de l'ovaire témoin.

Dans les follicules mûrs, les cellules périovocytaires présentent des modifications importantes; la zone de Golgi est plus large, son diamètre atteint ou dépasse celui du noyau de la cellule granuleuse. On constate l'existence

(1) Séance du 10 décembre 1934.

de nombreuses images de vacuome radié avec possibilité d'images de pénétration du chorion. L'orientation de la zone de Golgi des cellules périovocytaires est moins régulière que pour les images obtenues après coït.

Les éléments de Golgi sont dispersés dans tout le protoplasme qui, d'une façon générale, apparaît en brun sombre piqueté par les éléments de Golgi en noir. La tache claire du noyau excentrique disparaît. Le noyau est en métaphase de première mitose de maturation.

Sur les follicules jeunes, le noyau de l'ovocyte est au repos.

Quatre ovaires ont été ainsi étudiés en séries complètes.

Quarante-huit heures après injection d'urine de femme enceinte, nous avons pu observer, sur un ovaire coupé en série partielle, un ovocyte en segmentation parthénogénitique avec des cellules granuleuses en voie de transformation lutéinique; la zone de Golgi de ces éléments est très élargie, il y a pénétration vasculaire de la granulosa.

Les modifications de la zone de Golgi des cellules périovocytaires accompagnée du déclenchement de la mitose réductionnelle n'a pu être reproduite après injection de 25000 unités souris de benzoate de folliculine (1 animal); de 30^{cm^3} d'urine de femme ménopausique provoquant à la dose de $2^{cm^3},5$ le développement folliculaire chez la souris impubère (1 animal).

Evans et Long ([1]) ont montré que certains extraits hypophysaires ont une action sur la croissance somatique. Putnam, Theel et Benedict ([2]), avec des extraits comparables, ont obtenu des phénomènes de splanchnomégalie. Ces auteurs n'ont pas étudié les phénomènes mitotiques liés à ces actions hormonales. Les extraits d'urine de femme enceinte ne provoquent pas le gigantisme, Aschheim ([3]), Zondek ([4]), Evans, Fiessinger, Moricard et Laur ([5]), après intoxication de souriceau impubère par le tétrachlorure de carbone, provoquent des dégénérescences hépatiques et déclenchent l'apparition de phénomènes kinétiques au niveau des cellules hépatiques par action d'hormone dite antéhypophysaire d'urine de femme enceinte. D'autre part, avec un extrait antéhypophysaire de croissance, nous avons pu

---

([1]) *Anat. Rec.*, 21, 1921, p. 62; *The Growth and Gonad stimulating hormones of the anterior hypophysis* (Berkeley, California, 1933).

([2]) *Arch. Surg.*, 18, 1929, p. 1708.

([3]) *Die Schwangerschaftsdiagnose aus dem Harne* (Berlin, 1933).

([4]) *Die Hormone des Ovariums und des Hypophysenborderlappens* (Berlin, 1931).

([5]) *Essai d'Hépatopoïèse hormonale* (*Annales de Médecine*, sous presse).

observer une mitose par centimètre carré de tissu hépatique sur des coupes de 5µ d'épaisseur, 100 heures après l'injection et en l'absence de phénomène dégénératif important du tissu hépatique.

Smith et Léonard (¹), chez le rat mâle hypophysectomisé, ont démontré que la spermatogenèse peut être provoquée par des extraits très purifiés d'urine de femme enceinte.

Nos observations, rapprochées de celles de Smith, nous amènent à mettre en évidence les relations existant entre certains extraits antéhypophysaires, certains extraits d'urine de femmes enceintes et l'apparition de phénomènes mitotiques au niveau du soma et des gamètes; ces faits apportent de nouveaux arguments à l'interprétation que nous avons donnée, en mars 1933 (²), de l'action de l'hormone antéhypophysaire sur l'ovaire de souris impubère. Nous proposons le terme de mitosine gamétotrope pour désigner certains complexes hormonaux déclenchant le développement folliculaire, la mitose de maturation, la formation du corps jaune chez la lapine adulte, sans présumer de l'origine de ce complexe hormonal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur des expériences de croisement et de fécondation artificielle réalisées chez l'Harpacticoïde :* Bryocamptus pygmæus (*Sars*). Note de M. **Jean Roy**, présentée par M. M. Caullery.

Ces expériences furent poursuivies au cours des années 1933 et 1934 sur deux races de *Bryocamptus pygmæus* (Sars).

La première de ces races est absolument typique et son mode de vie est aquatique (*elle sera désignée par* A). Les exemplaires qui servirent de souches pour nos élevages proviennent tous des ruisselets et fossés voisins de l'étang de Trivaux (Bois de Meudon).

La seconde est, au contraire, adaptée au milieu muscicole (*elle sera désignée par* M). Les spécimens qui sont à l'origine de nos cultures furent recueillis dans des plaques de mousses sur lesquelles suinte, par intermittence, l'eau d'une source calcaire (Combe de la Citadelle, près de Dijon). Morphologiquement, cette forme diffère un peu du type. L'opacité du tégument et la rupture des soies sont liées aux conditions d'existence (vie semi-aérienne et reptation). Mais, outre ces caractères qui sont des consé-

---

(¹) *Proceedings of the Soc. for Exper. Biology and Med.*, **30**, 1933, p. 1246.

(²) *Ann. d'Anat. path. et d'Anat. norm. Méd. chir.*, **10**, 1933, p. 325.

quences, on peut noter que les branches de la furca sont plus larges et plus courtes et que les pattes sont nettement plus étalées.

La race aquatique meurt très vite si l'on essaie de la transplanter en milieu muscicole. La race muscicole ne peut se reproduire en milieu aquatique et s'éteint en deux semaines.

Nous résumons comme il suit les expériences et observations réussies :

1° Si l'on place en présence soit ♂ *aquatique* et ♀ *muscicole*, soit ♂ *muscicole* et ♀ *aquatique*, tous à l'état de maturité sexuelle, aucun croisement spontané n'a lieu, ni même aucune attirance. Il y a une incontestable barrière physiologique entre ces deux races d'une même espèce. Ceci, d'ailleurs, découle de l'écologie de chaque race.

2° Nous avons essayé d'accrocher des spermatophores mûrs provenant d'une race aux orifices des *receptaculum seminis* ♀ de l'autre race. Pour cette opération délicate et tout à fait nouvelle chez les Entomostracés, l'instrument était un fil de platine, taillé en biseau, et frotté de paraffine à son extrémité. La fixation avait lieu, sous le binoculaire, dans de petites cellules paraffinées. Sur 300 tentatives, nous n'avons obtenu que 72 succès évidents (soit environ 24 pour 100).

3° C'est alors qu'il fut procédé à l'isolement de 15 ♀ A fécondées artificiellement par ♂ M et de 15 ♀ M fécondées par ♂ A. Une réserve était constituée d'autres ♀ des deux catégories, afin de compléter les croisements ultérieurs.

4° Les 15 ♀ du groupe I (= ♀ A × ♂ M) donnèrent 102 œufs, qui ne fournirent que 81 adultes en 12 à 26 jours. Biologiquement et morphologiquement ces adultes étaient *tous aquatiques*.

Les 15 ♀ du groupe II (= ♀ M × ♂ A) pondirent 75 œufs, d'où se développèrent 47 adultes. Et là encore *tous* furent *aquatiques*.

Aucun muscicole n'est visible à cette première génération. Cette fois, des croisements *naturels* seront possibles entre les deux groupes.

5° Étude de la seconde génération, dont les croisements sont spontanés selon les isolements réalisés : La signification de I et II est ci-dessus précisée.

A. ♂ I × ♀ I : 82 œufs, 26 metanauplii, 19 adultes : dont 4 *muscicoles*.
B. ♂ II × ♀ II : 50 œufs, 7 metanauplii, 5 adultes : *aucun muscicole*.
C. ♂ I × ♀ II : 90 œufs, 5 metanauplii, 4 adultes : *aucun muscicole*.
D. ♂ II × ♀ I : 74 œufs, 34 metanauplii, 22 adultes : dont 5 *muscicoles*.

Conclusion. — Tout se passe comme si la loi de Mendel s'appliquait au caractère *muscicole*, qui est *dominé* à la première génération. A la seconde génération, il ne réapparaît, dans la proportion d'environ un quart, que si la femelle appartient au groupe I (origine : ♀ A × ♂ M).

Si celle-ci relève du groupe II, la mortalité est énorme, il n'y a plus de muscicoles, au moins à l'état adulte.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Activation sexuelle obtenue chez le Canard par l'éclairement artificiel pendant la période de repos génital.* Note de M. **Jacques Benoit**, présentée par M. M. Caullery.

Les aviculteurs avisés savent depuis longtemps qu'on peut augmenter la fécondité de la volaille et la production des œufs pendant la saison automnale, pauvre en lumière naturelle, en éclairant artificiellement les poulaillers. Rowan (1927) émit l'opinion que, chez le mâle, un supplément de lumière prolongeait l'exercice musculaire, augmentait le métabolisme et déterminait ainsi indirectement l'accroissement de l'activité testiculaire. Mais Bissonnette (1930) montra que la lumière, à elle seule, pouvait entraîner chez l'Étourneau, au repos sexuel automnal, l'apparition d'une spermatogenèse intense.

J'ai repris l'étude de ce phénomène chez le Canard mâle, dans l'intention d'en approfondir le mécanisme intime. J'ai utilisé des Canards de Rouen impubères, de 5 à 7 mois, ainsi que quelques sujets âgés de plus d'un an, mais se trouvant dans la période de repos sexuel saisonnier. Chaque sujet fut laparotomisé lors de sa mise en expérience et son testicule gauche mesuré et dessiné aussi exactement que possible. Ainsi pouvait être appréciée plus sûrement, à l'autopsie, toute variation de volume testiculaire survenue au cours de l'expérience.

I. Trois lots de 5 sujets furent placés pendant 20 jours, en novembre, l'un à l'air libre (t^o de 0 à 13°), l'autre dans une pièce peu éclairée et chauffée (t^o de 17 à 22°), le dernier enfin dans une pièce non chauffée (t^o de 8 à 15°), mais éclairée, pendant 16 heures par jour, par trois lampes électriques débitant ensemble 200 watts. Les sujets, qui avaient été choisis de telle sorte que leurs testicules fussent comparables d'un lot à l'autre, présentèrent à l'autopsie, les poids testiculaires suivants : $0^g,4$; $0^g,3$; $0^g,85$; $0^g,42$; $1^g,45$; pour ceux du lot conservés dehors : $0^g,34$; $0^g,29$; $0^g,8$; $0^g,68$;

$1^g,45$ pour les sujets placés à la chaleur et $13^g,4$; $17^g,4$; $17^g,2$; $28^g,6$; $43^g,8$ pour ceux enfin qui furent éclairés artificiellement.

La *chaleur*, telle qu'elle put agir dans cette expérience, n'excita donc aucunement le développement testiculaire. La *lumière* artificielle, en revanche, exerça sur ce dernier une influence évidente. Je noterai, en passant, que les testicules, stimulés, *augmentés en volume de plus de 30 fois par rapport à ceux des témoins*, possédaient une activité spermatogenétique intense et des cellules interstitielles bien développées. Les canaux déférents contenaient du sperme et ils avaient subi, de même que les pénis, une croissance conditionnée appréciable.

II. Mais par quel mécanisme la lumière peut-elle agir sur les testicules? Et tout d'abord quelle voie d'accès emprunte-t-elle pour exercer son action? La voie cutanée et la voie oculaire paraissaient *a priori* devoir être discriminées. J'entrepris de les dissocier en illuminant artificiellement des sujets munis : soit de coiffes de drap noir obstruant hermétiquement les yeux, soit de manteaux noirs protégeant tout le corps et la tête et ne permettant à la lumière de n'affecter que les yeux, grâce à deux orifices découpés à leur niveaux. Pour compléter l'expérience, d'autres sujets furent vêtus d'un manteau complet, aveuglant aussi les yeux et ne laissant strictement à découvert que le bec. Ainsi traités 10 à 15 heures par jour, pendant les mois d'octobre et de novembre, ces sujets permirent d'enregistrer, au bout de 20 jours, des résultats absolument nets : la croissance testiculaire fut nulle chez les sujets à coiffe ou à manteau complet (exemple de poids de testicules : $0^g,85$, $0^g,61$, $0^g,68$, $0^g,99$), tandis qu'elle fut manifeste chez les sujets dont seuls les yeux avaient reçu de la lumière $14^g,7$, $29^g,3$, $21^g,8$).

Il semble donc bien que l'éclairement de la peau n'a joué aucun rôle, au cours de ces expériences, dans l'activation des testicules et que *c'est uniquement par les yeux que la lumière a affecté l'organisme* et déterminé la croissance de ces organes.

III. Quel peut être le processus selon lequel l'excitation lumineuse de l'œil entraîne ce développement des gonades? L'importance primordiale que de nombreuses expériences ont permis, au cours de ces années dernières, d'attribuer à l'hypophyse dans le contrôle de l'activité des gonades et notamment chez le Canard (Schockaert 1931, Benoît et Aron 1934) m'incita d'emblée à interroger cet organe. Et, parmi les expériences que j'ai mises en œuvre pour étudier son intervention possible, la suivante me permet déjà d'apporter ici des résultats suggestifs : des implantations, à des Souris femelles impubères, d'hypophyses de Canards au

repos sexuel (conservés à l'air libre en automne, ou exposés à la lumière artificielle pendant 20 jours mais pourvus d'une coiffe ou d'un manteau masquant les yeux), ou sexuellement activés par l'illumination artificielle, m'ont révélé que les hypothèses des premiers étaient fort peu ou pas actives sur le tractus génital de la Souris, alors que celles des seconds déterminaient une activation nette des ovaires, un développement très prononcé des cornes utérines et du vagin, et la kératinisation typique de l'épithélium de ce dernier.

Ces résultats suggèrent l'idée que l'excitation lumineuse, captée par l'œil, entraînerait une certaine stimulation de cette glande endocrine annexée au cerveau qu'est l'hypophyse, et que celle-ci exciterait ensuite, par la voie hormonique, le développement des gonades. Certaines expériences ont été instituées pour confirmer l'existence d'un tel mécanisme et en préciser le fonctionnement.

TÉRATOGENÈSE. — *Production expérimentale et déterminisme d'une monstruosité inconnue : la symélie antérieure.* Note de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré récemment qu'on peut obtenir expérimentalement, chez le Poulet, la fusion des pattes ou symélie postérieure, en éliminant les territoires embryonnaires situés entre les ébauches des pattes, avant le moment où elles se différencient : cela revient à empêcher le développement des organes axiaux dans la région du futur sacrum ([1]).

Existe-t-il une malformation homologue des ailes et peut-on la produire expérimentalement? Alors que des symélien postérieurs ont été plusieurs fois décrits, en particulier dans l'espèce humaine, la soudure des membres antérieurs n'a jamais été signalée dans le groupe des monstres simples. J'ai cherché à résoudre ce problème à l'aide de la méthode tératogène directe que j'utilise habituellement : le procédé des irradiations localisées, mis au point en collaboration avec mon maître, M. P. Ancel ([2]). J'ai tenté de réaliser, dans la région des ébauches des ailes, une intervention homologue de celle qui produit la symélie postérieure : empêcher les organes axiaux de se constituer entre les bourgeons des ailes, à un stade

---

([1]) *C. R. Soc. de Biol.*, **116**, 1934, p. 780.
([2]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1071.

auquel leurs ébauches sont encore indifférenciées. Comme les organes axiaux de la région thoracique se constituent bien avant ceux de la région sacrée, il fallait opérer sur des stades plus jeunes que dans le cas des symé-liens postérieurs. L'intervention se heurtait à des difficultés bien plus grandes, à cause de l'absence de repères morphologiques sur des embryons de moins de 10 somites.

J'ai tiré parti des remarques suivantes, déduites d'expériences préalables; l'irradiation d'une étroite zone transversale contenant le nœud de Hensen détermine, entre autres conséquences :

1° la destruction de tout le segment distal encore indifférencié de la chorde dorsale;

2° l'atrophie ou la destruction d'un tronçon de moelle intermédiaire entre deux segments qui continuent leur évolution;

3° l'atrophie de quelques paires encore indifférenciées de somites.

Ce résultat tient à la concentration des ébauches des organes axiaux autour du nœud de Hensen. Comme les segments atrophiés des différents organes se correspondent en partie, il y a toujours un court tronçon d'embryon qui est complètement dépourvu d'organes axiaux. Si ce tronçon correspond aux vertèbres thoraciques, on peut espérer que les ébauches des ailes, que rien ne séparera plus, se réuniront sur la ligne médiane.

Le problème revenait donc à trouver le stade auquel l'irradiation de la région du nœud de Hensen aurait pour effet d'inhiber le segment thoracique des organes axiaux. L'expérience m'a montré que l'intervention est efficace entre le stade de début du prolongement céphalique et le stade où s'exquisse le pli limitant antérieur (17 à 20 heures d'incubation). Les embryons opérés dans ces conditions et qui ont évolué au delà du troisième jour ont pleinement confirmé mes prévisions : 5 sur 6 d'entre eux présentent, implantées au milieu du dos, deux ailes accolées ou soudées en une seule. Le début de la malformation est caractérisé par un volumineux épaississement des plaques latérales, fusionnées sur la ligne médiane à l'emplacement d'une discontinuité du tube nerveux. Puis les bourgeons se différencient, soit en deux ailes soudées par leur base et parallèles à l'axe du tronc, soit en une aile impaire en forme de massue, insérée sur la ligne médiane du dos, qui pointe vers l'arrière son extrémité renflée. Outre la malformation fondamentale, ces embryons présentent un certain nombre d'anomalies concomitantes, dues à la même cause, telle que l'absence d'innervation des ailes et la fusion partielle des corps de Wolff en un

organe impair, au niveau de la solution de continuité de la colonne vertébrale.

Ces résultats prouvent que la méthode expérimentale en tératologie permet de produire à volonté des combinaisons monstrueuses qui ne se sont jamais réalisées spontanément dans la nature et qui n'avaient été envisagées qu'à titre de possibilité théorique. Tels sont les syméliens antérieurs, homologues des syméliens postérieurs, aussi bien par leurs caractères généraux que par leur genèse. Les uns et les autres relèvent du même mécanisme de formation, qui trouve son expression dans la loi suivantes : *deux organes normalement pairs et symétriques concourent à donner un seul organe impair et médian si l'on élimine, avant le moment de leur différenciation, les ébauches embryonnaires qui viennent normalement se placer entre eux.* On retrouve ainsi, sous une forme nouvelle et conforme aux données de l'expérience, la grande loi tératologique de l'union des parties similaires, formulée pour la première fois par Étienne Geoffroy Saint-Hilaire. Mais, alors que le mécanisme de ce processus était resté obscur et incertain, nos résultats expérimentaux font passer cette loi du domaine de l'hypothèse dans celui des vérités contrôlées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Essence et hétéroside de* Primula acaulis *Jacq.* Note (¹) de MM. **Albert Goris** et **Henri Canal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous (²) a pu extraire à l'état pur, des rhizomes de *Primula officinalis* L., un hétéroside nouveau, le *primevéroside*.

Le dédoublement diastasique ou l'hydrolyse acide démontrent nettement que ce primevéroside est constitué par une molécule d'ester méthylique de l'acide β-méthoxy-résorcylique $C^6H^3COOH(1)OH(2)OCH^3(4)$ liée par la fonction phénol à une molécule de *primevérose*, bioside jusqu'alors inconnu. L'hydrolyse acide dédouble en même temps la molécule de ce bioside en une molécule de glucose et une de xylose.

Dans ces rhizomes le primevéroside est accompagné d'un second hétéroside, le *primulavéroside*, isomère du précédent, qui se dédouble par action

(¹) Séance du 10 décembre 1934.

(²) A. Goris, M. Mascre et Vischniac, *Bull. Sc. Pharm.*, **19**, 1912, p. 577, 598, 648 et 670.

diastasique ou acide en une molécule d'ester méthylique de l'acide hydroquinone-carbonique C^6H^3 COOH (1) OH (2) OCH^3 (5) et primevérose. Le primulavéroside n'avait jusqu'à présent jamais pu être obtenu à l'état de pureté et nous avions signalé alors que les caractères physiques indiqués correspondaient à un mélange vraisemblablement eutectique des deux hétérosides.

Le présent travail porte sur une Primulacée voisine, *Primula acaulis* Jacq. qui contient un seul hétéroside : le primulavéroside, que nous avons obtenu à l'état pur.

Primula acaulis, variété acaule de *Pr. grandiflora*, cultivé dans les jardins comme plante de bordure à fleurs de couleurs variées, végète au moyen d'un rhizome assez court pourvu de racines nombreuses.

Les parties souterraines, qui dégagent par broyage une odeur rappelant celle d'un mélange de salicylates de méthyle et d'amyle, sont débarrassées de la terre qui les souille par lavages à l'eau, suivis d'essuyage soigneux. On les stabilise ensuite par immersion dans l'alcool à 95° bouillant en présence de CO^3Ca suivant la technique de Bourquelot.

Le traitement par l'alcool est répété sur la plante stabilisée et broyée. Les solutions alcooliques réunies donnent après concentration à basse température sous pression réduite, un extrait mou, odorant, granuleux, correspondant à 4,5 pour 100 de la plante fraîche.

Par épuisement de cet extrait à l'éther, on retire une essence jaune pâle, neutre, fluide, incristallisable, soluble dans les solvants organiques. Elle est entraînable par la vapeur d'eau et se colore en bleu par Cl^6Fe^2 dilué. Elle provient d'un dédoublement partiel de l'hétéroside et est constituée par l'ester méthylique de l'acide méthoxyhydroquinone-carbonique $C^9H^{10}O^4$, acide fondant à 143°, que l'on obtient par saponification alcaline. Déméthylé par l'acide iodhydrique bouillant, il donne l'acide hydroquinone-carbonique (F = 200°).

Par synthèse, à partir de l'hydroquinone, nous avons vérifié l'identité des produits obtenus et reproduit un ester méthylique identique au produit du dédoublement de l'hétéroside.

L'essence de *Pr. acaulis* contient à côté de cet ester des traces d'un produit de nature cétonique que nous n'avons pu isoler [dinitro-2.4-phénylhydrazone (F = 230° avec décomposition)].

L'extraction directe par l'acétate d'éthyle anhydre ou aqueux de l'hétéroside contenu dans l'extrait épuisé à l'éther est difficile; elle est gênée

par la présence d'une grande quantité de volémite, déjà signalée dans les Primulacées [1] et surtout par les saponosides.

Nous indiquons brièvement le mode d'extraction suivi :

On enlève la volémite contenue dans l'extrait par agitation mécanique avec de l'alcool absolu bouillant. Les solutions alcooliques séparées donnent par refroidissement des aiguilles de volémite qu'on isole par essorage et purifie par lavage à l'alcool absolu et à l'éther. F = 154-155°. Les saponosides sont précipités de l'extrait par agitation avec une bouillie d'hydrate de plomb. Leur combinaison plombique solide est séparée et lavée par centrifugation. Après élimination du plomb par SH^2 les solutions concentrées dans le vide à basse température sont réunies aux eaux-mères alcooliques de cristallisation de la volémite. Après départ de l'alcool, le résidu est épuisé par l'acétate d'éthyle bouillant. Par refroidissement on sépare un mélange d'hétéroside et de volémite. On obtient l'hétéroside pur après plusieurs recristallisations dans l'alcool méthylique dans lequel il est plus soluble que la volémite.

Recristallisé dans l'alcool méthylique il se sépare en tables rectangulaires; dans l'eau ou l'acétone il forme des cristaux aiguillés fondant à 179°,5-180° (corrigé). Il cristallise avec *une* molécule d'eau qu'il perd par chauffage à 105°. Le pouvoir rotatoire spécifique déterminé en solution aqueuse à 1 pour 100 est $[\alpha]_D = -54°,74$.

L'analyse et le dosage des groupements méthoxyle du produit anhydre conduisent à un corps $C^{20}H^{28}O^{13}$ renfermant deux groupements OCH^3.

Analyse. — C %, 49,89; H %, 6,26; calculé pour $C^{20}H^{28}O^{13}$: C %, 50,41; H %, 5,88.

Dosage des groupements méthonyle. — OCH^3 % trouvé, 12,88; calculé pour $C^{20}H^{28}O^{13}$: OCH^3 %, 13,02.

L'hydrolyse par la poudre de sépales de *Pr. officinalis* le scinde en primevérose et ester méthylique de l'acide méthoxyhydroquinone-carbonique.

L'analyse et l'examen des produits du dédoublement démontrent que l'hétéroside isolé $C^{20}H^{28}O^{13}$, H^2O est le *primulavéroside*, enfin obtenu à l'état pur.

Ce travail sur *Primula acaulis*, donnant les caractéristiques du primulavéroside, termine en le confirmant le travail antérieur sur *Primula officinalis*.

---

[1] Bougault et Allard, *Journ. Pharm. chim.*, 16, 1902, p. 528.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Pression osmotique et poids moléculaire de l'hémérythrine du Siponcle.* Note de Mme **Andrée Roche** et M. **Jean Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de donnée sur le poids moléculaire de l'hémérythrine, chromoprotéide respiratoire ferrique du Siponcle. Ce pigment a une constitution analogue à celle des hémocyanines, mais, contrairement à celles-ci, il est contenu dans des hématies. Or les récents travaux de Svedberg [1] ont établi que le poids moléculaire des pigments respiratoires intraglobulaires (hémoglobines) ne dépasse pas 68000, alors que celui des chromoprotéides dissous dans un plasma, en particulier des hémocyanines, est beaucoup plus élevé (de 360000 à 5000000). Aussi, l'étude du poids moléculaire de l'hémérythrine du Siponcle présente-t-elle un intérêt particulier.

Les déterminations ont été faites à l'aide de la méthode d'Adair [2] basée sur le principe suivant : On mesure la pression osmotique p, à 0°, de la solution protéique de concentration C (grammes de protéine par 100^{cm^3}) en équilibre dans un osmomètre avec une solution saline tampon.

Dans une série de mesures faites à diverses concentrations, on calcule la valeur de $\pi = p/C$. Le point π_0, où la courbe de π en fonction de C coupe l'axe des ordonnées, correspond à la valeur de π pour des solutions infiniment diluées, auxquelles la loi de Van't Hoff s'applique. Le poids moléculaire M de la protéine est donné par la formule :

$$\text{(A)} \qquad M = \frac{10RT}{\pi_0},$$

où R est la constante des gaz et T la température absolue; à 0°, $10RT = 170330$.

Pour une concentration quelconque, la formule (A) devient

$$\text{(B)} \qquad \frac{M}{\Phi} = \frac{10RT}{\pi},$$

où Φ égal à π/π_0 tend vers 1 lorsque la dilution augmente [3]. La formule (B) permet de calculer le poids moléculaire, au facteur Φ près, pour chaque expérience, tandis que la formule (A) exige, pour être appliquée, une série de mesures.

Nous avons étudié des préparations provenant de quatre lots de pigment.

---

(1) *Journ. of biol. Chem.*, **103**, 1933, p. 311-325.

(2) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **108**, 1925, p. 627-637.

(3) Φ englobe à la fois les corrections dues à l'équilibre de Donnan, à l'attraction interionique et au volume occupé dans le solvant par l'hydrate de protéine.

Dans le tableau ci-dessous, celles désignées par I, II et III_1 sont des échantillons obtenus à partir d'hématies laqués et purifiés par une dialyse de quelques jours à 0°; III_2 est une préparation cristallisée du même lot d'hémérythrine que III_1, et IV une solution concentrée par ultrafiltration, ayant subi antérieurement une dialyse d'un mois à 0°. La solution tampon avec laquelle la protéine a été mise en équilibre dans les osmomètres est le mélange de phosphates $m/15$ à $pH = 6,8$ de Sörensen. Voici l'ensemble de nos résultats :

Préparation Nos.	C(1) (gr. p. 100cm³).	p (mm. Hg).	π (ou p/C).	$\frac{M}{\Phi}$.
I	1,19	13,12	2,62	65000
I	1,12	2,83	2,52	67500
I	0,82	1,87	2,48	68000
II	4,98	12,27	2,64	69000
II	2,20	5,75	2,61	65500
II	2,05	5,05	2,46	69200
II	1,41	3,82	2,70	63000
II	1,38	3,71	2,54	67000
III_1	2,91	6,94	3,39	71000
III_1	0,95	2,85	2,99	57000
IV	4,71	10,39	2,26	77400
IV	1,88	4,31	2,29	74300
IV	0,95	1,84	1,94	87700
III_2	4,01	7,63	1,90	89600

Pour les préparations I, II et III_1, π varie peu en fonction de C. Φ est alors voisin de 1; de ce fait $M/\Phi \not\equiv M$, et la valeur moyenne du poids moléculaire obtenue par la formule (B) est égale à 66500. Celle de π_0, déterminée par la méthode graphique, est $\pi_0 = 2,60$, et M calculé par la formule (A) est égal à 65700. Il y a donc lieu de considérer ce poids moléculaire comme celui de l'hémérythrine telle qu'elle existe dans l'hématie. La règle de Svedberg, rappelée au début de cette Note, s'applique donc au chromoprotéide étudié.

Le pigment cristallisé ou soumis à une dialyse d'un mois à 0° a un poids moléculaire sensiblement plus élevé, ce qui est sans doute dû en partie à des phénomèmes d'agrégation. Ce fait est analogue à ceux constatés antérieurement pour l'hémoglobine après cristallisation (Adair) et pour les globulines après vieillissement du sérum (A. Roche et J. Bracco).

Conclusion. — L'hémérythrine contenue dans les hématies du siponcle

(1) C est déterminé par microkjeldahl et par réfractométrie.

possède un poids moléculaire de 66 000, par conséquent très voisin de celui des hémoglobines intraglobulaires. La règle de Svedberg sur la grandeur du poids moléculaire des pigments respiratoires et leur localisation globulaire ou plasmatique s'applique à l'hémérythrine.

BACTÉRIOLOGIE. — *Observations sur la coloration de Gram.* Note [1] de MM. **Philippe Lasseur** et **Marc Benoit**, transmise par M. Hyacinthe Vincent.

Dans cette Note, nous envisageons l'influence de trois facteurs d'action dans la réaction de Gram; 1° la concentration en ions H_+; 2° l'âge des plastides; 3° le rôle de la membrane. Nos essais ont porté sur *B. mesentericus niger* (souche Courmont, Rochaix), sur *B. subtilis* (souche Michigan) et *B. subtilis* (souche Lasseur, Thiry).

I. Burke (1922), Kopeloff et Beerman (1922), A. E. Stearn et E. W. Stearn (1924) etc. s'efforcèrent de préciser l'influence du pH dans la réaction de Gram en faisant agir les solutions acides ou basiques sur les éléments bactériens et sur les colorants.

Désirant suivre la variation de la colorabilité des plastides au cours de leur développement, nous avons dû adapter la technique au but que nous poursuivions. A cet effet des corps microbiens provenant de jeunes cultures (40 heures) sur gélose sont lavés 3 fois à l'eau distillée. On obtient ainsi des suspensions que l'on amène à une concentration de 40 milliards de germes par centimètre cube. Une partie de suspension est additionnée d'une partie d'une solution acide ou d'une partie d'une solution alcaline.

Pour faire varier la concentration en ions H_+, nous avons utilisé successivement les solutions tampons de Mac Ilvaine, de Sörensen, de Ringer, de Davis (1931) (acide citrique + citrate alcalin) des solutions d'acide sulfurique, d'acide citrique et de soude. Le temps de contact entre les solutions acides ou alcalines et les corps microbiens est de 4 heures et demie. Après dessiccation et fixation à 112°C, les préparations sont lavées et colorées par la méthode de Gram, suivant la technique indiquée dans nos publications précédentes.

Nous insistons sur la nécessité d'utiliser des solutions de violet de gentiane stabilisées (Ph. Lasseur, A. Dupaix, C. Maguitot, 1931). L'intensité

(1) Séance du 2 juillet 1934.

colorante de ces solutions est telle qu'après 75 minutes d'action de l'alcool à 95°, 87 pour 100 de plastides *Staphylococcus aureus* restent colorées en violet noir.

Avec la solution tampon de Mac Ilvaine, la quantité de plastides colorées en violet noir décroît de pH = 2 à pH = 12. La courbe de décoloration présente un point singulier vers pH = 8. De même le nombre des plastides colorées en violet noir décroît de pH = 8 à pH = 12 lorsqu'on utilise des solutions de soude de concentration décroissante.

Par contre avec la solution tampon de Davis le nombre des plastides colorées en violet noir croît légèrement de pH = 2,2 à pH = 6,5. Cet accroissement du nombre des plastides colorées est infiniment plus accentué lorsqu'on a recours à l'acide sulfurique. Dans ce cas le nombre des plastides colorées passe de 12 pour 100 à 82 pour 100 lorsque le pH varie de 1,7 à 5,3.

Tels sont les faits observés avec *B. mesentericus niger* et avec *B. subtilis*.

II. Grimme (1902), Neide (1904), Burke et Barnes (1922), Zironi (1920), Solarino (1930), Castelli (1931), etc., ont étudié l'influence de l'âge des cultures sur la colorabilité des bactéries par la méthode de Gram.

Les faits que nous avons observés antérieurement [Lasseur et Schmitt (1927), Lasseur et Vernier (1933)] nous ont conduits à reprendre l'étude de la colorabilité des bâtonnets germinatifs par la méthode d'Alessandrini, d'une part, par la méthode de Gram, d'autre part. L'examen microscopique a été limité à des images de germination incontestable. Nous avons suivi l'évolution du bâtonnet germinatif depuis les stades précédant la rupture de membrane, jusqu'au stade des longs bâtonnets germinatifs se déplaçant dans le champ microscopique, mais restant encore accolés à la membrane de la spore germée.

Ces essais montrent que tous les bâtonnets, quelles que soient leur forme et leur dimension (de $0^{\mu},3$ à 2^{μ}), se colorent uniformément en violet noir par la méthode de Gram. Des plastides un peu plus âgées, mesurant $2^{\mu},5$ à 3^{μ} par exemple, peuvent offrir une plage subpolaire non colorée.

III. Nous retrouvons avec *B. mesentericus niger* et *B. subtilis* (Lasseur-Thiry) des images semblables à celles décrites par Ralph R. Mellon [1]. Dans nos expériences, la déchirure de la membrane a permis au cytoplasme de fuser pour constituer une forme en éventail. Cette masse de cytoplasme

---

[1] *Journal of Bacteriology*, **11**, 1926, p. 203.

nu se colore en violet plus ou moins intense suivant l'épaisseur de la couche cytoplasmique.

Le rôle de la membrane, fondamental dans la coloration des plastides vivantes, ne conditionne donc pas l'aptitude qu'ont certaines bactéries desséchées et fixées à se colorer en violet noir.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude d'un cas d'antagonisme microbien* (B. Coli-Staphylococcus aureus). Note [1] de M. **J. Régnier** et Mlle **S. Lambin**, transmise par M. Vito Volterra.

Sur les conseils d'E. Roux, et en relation avec M. Vito Volterra, nous avons abordé l'étude numérique des antagonismes microbiens. Cette étude comporte certaines difficultés en raison du fait que les milieux de culture d'usage courant sont physiquement et biologiquement limités. Mais elle offre l'avantage de permettre un renouvellement facile des expériences, et la réalisation de cultures pures servant de témoins.

Nous donnons, ici, les résultats numériques du développement simultané, dans un même milieu de culture liquide (bouillon de viande peptoné salé), de *Staphylococcus aureus* et de *Bacillus Coli* [2].

Pour *dénombrer* les bactéries nous avons utilisé la technique de Wright-Fries, légèrement modifiée [3], qui permet d'obtenir la totalité des germes visibles au microscope. Nous avons écarté, à dessein, la technique habituelle des « plaques de gélose » difficilement applicable aux numérations de colonies nombreuses d'espèces différentes, et ne fournissant que le nombre des germes assez résistants pour se multiplier, après transport, sur un milieu de culture neuf. Nous avons spécialement porté notre attention sur les 30 à 48 premières heures de la multiplication bactérienne, lesquelles représentent, seules, dans les conditions habituelles (incubation à + 37°) la phase véritablement active du développement.

Chaque expérience a comporté l'étude numérique des trois cultures simultanées (colibacille seul, staphylocoque seul, colibacille + staphylocoque). Nous donnons les résultats d'une expérience réalisée avec un ensemencement initial de nombres égaux de germes de chaque espèce (500 000 par centimètre cube de bouillon). D'autres expériences ont comporté l'ense-

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) Voir M. Gundel, *Münch. Med. Woch.*, 54, 1925, 1674.

(3) J. Régnier et L. Neipp, *Bull. Sc. pharmacol.*, 41, 1934, p. 152, 231, 291.

mencement simultané d'un nombre constant de cocci (500000) et de nombreuses variables de bacilles (50000, 5000 et 500). Nous donnons en regard des heures d'observation : 1° les nombres de germes (les maxima étant en caractères gras) et les logarithmes de ces nombres; 2° les nombres de générations microbiennes, ou bipartitions produites pendant chaque période, et le *temps moyen*, nécessaire à la production d'une génération. Dans la période de décroissance du nombre des germes, on a noté, par analogie, les temps nécessaires pour que ce nombre devienne deux fois moins grand (chiffres en italique).

	Nombre de germes par cm³ (millions).	Logarithmes de ces nombres.	Nombre de générations pendant chaque période.	Temps de génération pendant chaque période (minutes).	Nombre de germes par cm³ (millions).	Logarithmes de ces nombres.	Nombre de générations pendant chaque période.	Temps de génération pendant chaque période (minutes).
	Colibacille seul :				*Staphylocoque seul :*			
0 heure....	0,5	5,69	3,9	30	0,5	5,69	4,6	26
2 heures....	7,3	6,86	2,46	48	12,4	7,09	1,8	66
4 »	39,8	7,60	3,26	36	43	7,63	3,43	34
6 »	380	8,58	1,06	113	463	8,66	1,1	109
8 »	802	8,90	1,43	671	990	8,99	1,3	738
24 »	2178	9,33	0,9	400	2434	9,38	1,06	339
30 »	**3992**	9,60	*0,05*	*21600*	**5026**	9,70	*0,53*	*2087*
48 »	3574	9,55	*0,43*	*6699*	3488	9,54	*0,53*	*5433*
4 jours......	2650	9,42	*2,9*	*1986*	2390	9,38	*3,06*	*1882*
8 jours......	354	8,55			290	8,46		

	Nombre de germes par cm³ (millions).	Logarithmes de ces nombres.	Nombre de générations pendant chaque période.	Temps de génération pendant chaque période (minutes).	Nombre de germes par cm³ (millions).	Logarithmes de ces nombres.	Nombre de générations pendant chaque période.	Temps de génération pendant chaque période (minutes).
	Staphylocoque en culture mixte :				*Colibacille en culture mixte :*			
0 heure....	0,5	5,69	4	30	0,5	5,69	3,3	36
2 heures....	7,9	6,89	2,16	55	6,5	6,69	3,1	38
4 »	35	7,54	1,96	61	42	7,62	3,26	36
6 »	136	8,13	1,23	97	406	8,60	0,43	279
8 »	319	8,50	0,4	2400	544	8,73	2,06	466
24 »	**416**	8,62	*0,63*	*571*	2237	9,35	0,03	12000
30 »	274	8,43	*0,33*	*3272*	**2289**	9,36	*0,36*	*3000*
48 »	214	8,33	0,36	8000	1800	9,25	0,33	8727
4 jours......	275	8,44	*0,23*	*25043*	2230	9,35	*1,26*	*4571*
8 jours......	323	8,51			940	8,97		

En dehors des constatations d'ordre général, qui sont conformes à celles

que nous avons publiées antérieusement [1], ces essais nous ont permis de faire les remarques suivantes :

a. La multiplication du colibacille ne semble pas modifiée par la présence du staphylocoque.

b. Le staphylocoque est gêné dans son développement par la présence du colibacille; cette inhibition se manifeste, après la phase de multiplication logarithmique, par un ralentissement du rythme de la multiplication et par une diminution du nombre maximun atteint.

L'action antagoniste se fait d'autant moins sentir que le nombre de colibacilles ensemencés est plus petit. Si nous considérons le rapport :

$$\frac{\text{Nombres maxima de staphylocoques en présence de colibacilles}}{\text{Nombres maxima de staphylocoques seuls}},$$

nous constatons qu'il atteint respectivement les valeurs décroissantes : 12-3-1,8-1,5, lorsque les nombres de colibacilles ensemencés, avec 500000 staphylocoques, passent de 500000 à 50000-5000-500 par centimètre cube.

Le cas de concurrence vitale que nous étudions ici ne semble pas pouvoir être rapproché des exemples déjà connus d'espèces antagonistes dont l'une se nourrit de l'autre. Il est possible, par contre, de le rapprocher des cas où deux espèces se disputent la même nourriture. Avant de répondre par l'affirmative, il convient toutefois de considérer d'autres hypothèses : sécrétion par le colibacille de substances nuisibles à la multiplication du staphylocoque, modification des conditions purement physiques de l'espace nécessaire à la vie de chaque bactérie, etc. Nous nous proposons d'examiner ces hypothèses dans d'autres recherches.

Remarques sur la Note de M. Régnier et Mlle Lambin.

par M. **Vito Volterra**.

Si nous envisageons le cas d'une seule espèce de bacilles, nous voyons que son développement ne suit pas la loi de Pearl ou la courbe logistique. Chaque espèce étant seule, le nombre des individus rejoint un maximum à un certain temps et après il diminue. La courbe logistique correspond à une population dans laquelle la nourriture disponible pour chaque indi-

(1) J. Régnier, R. David et Mme A. Kaplan, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 323.

vidu diminue lorsque le nombre de ceux-ci augmente. On peut penser que la loi d'accroissement trouvée par les auteurs dépende des substances toxiques s'accumulant dans le terrain de culture ou par d'autres causes analogues dues à la vie des bacilles. J'ai cherché à établir un calcul en partant de cette hypothèse.

On peut supposer que le pouvoir toxique du terrain de culture au temps t à cause de la vie de $N(\tau)$ bacilles dans l'intervalle de temps $(\tau, \tau+d\tau)$ soit donné par

$$N(\tau)\,f(t-\tau)\,d\tau,$$

de manière que le coefficient d'accroissement de l'espèce au temps t doit être diminué de

$$\int_0^t N(\tau)\,f(t-\tau)\,d\tau,$$

à cause de la période $(0, t)$ de vie des bacilles dans le milieu.

On aura alors l'équation intégro-différentielle

$$\frac{dN(t)}{dt}=\left[\varepsilon-hN(t)-\int_0^t N(\tau)\,f(t-\tau)\,d\tau\right]N(t),$$

où ε est le coefficient brut d'accroissement et $-hN(t)$ est le terme correspondant à l'effet Pearl.

L'équation précédente peut se simplifier en négligeant ce terme et en supposant $f=c$ constante. Si nous posons $\int_0^t N(\tau)\,d\tau=n(t)$ l'équation intégro-différentielle se réduit à l'équation différentielle

$$\frac{d^2n(t)}{dt^2}=(\varepsilon-cn)\frac{dn}{dt}.$$

L'intégration de cette équation conduit à la formule

$$N=\frac{N_0(\alpha+\beta)^2e^{\lambda t}}{(\beta e^{\lambda t}+\alpha)^2},$$

où N_0 est le nombre initial des bacilles, α et $-\beta$ sont les racines de l'équation

$$\frac{1}{2}cx^2-\varepsilon x-N_0=0,\qquad \lambda=\frac{1}{2}c(\alpha+\beta).$$

Le maximum est atteint à l'instant $1/\lambda\log\alpha/\beta$, et il est $c/8\,(\alpha+\beta)^2$.

Dans le cas de deux espèces vivant ensemble, on trouve le système

d'équations intégro-différentielles

$$\frac{d\,N_1(t)}{dt} = \left\{ \varepsilon_1 - [h_{11}N_1(t) + h_{12}N_2(t)] - \int_0^t [N_1(\tau)f_{11}(t-\tau) + N_2(\tau)f_{12}(t-\tau)]\,d\tau \right\} N_1(t),$$
$$\frac{d\,N_2(t)}{dt} = \left\{ \varepsilon_2 - [h_{12}N_1(t) + h_{22}N_2(t)] - \int_0^t [N_1(\tau)f_{21}(t-\tau) + N_2(\tau)f_{22}(t-\tau)]\,d\tau \right\} N_2(t)$$

qui se réduit, comme dans le cas précédent, aux équations

$$\frac{d^2 n_1}{dt^2} = [\varepsilon_1 - c_{11}n_1(t) - c_{12}n_2(t)]\frac{dn_1}{dt},$$
$$\frac{d^2 n_2}{dt^2} = [\varepsilon_2 - c_{21}n_1(t) - c_{22}n_2(t)]\frac{dn_2}{dt},$$

dont on trouve l'intégrale

$$c_{21}\frac{dn_1}{dt} + c_{12}\frac{dn_2}{dt} = c_{21}\varepsilon_1 n_1 + c_{12}\varepsilon_2 n_2 - c_{11}c_{21}\frac{n_1^2}{2} - c_{12}c_{21}n_1 n_2 - c_{12}c_{22}\frac{n_2^2}{2} + K,$$

K étant une constante; n_1 et n_2 sont des quantités positives croissantes.

N_1 et N_2 augmentent jusqu'à des maxima qu'ils rejoignent respectivement lorsque $\varepsilon_1 = c_{11}n_1 + c_{12}n_2$ et $\varepsilon_2 = c_{21}n_1 + c_{22}n_2$. Ils décroissent après. c_{12} est le coefficient toxique de la deuxième espèce agissant sur la première et c_2 celui de la première sur la seconde. On peut les évaluer approximativement en connaissant des données sur les courbes d'accroissement des deux espèces.

SÉROLOGIE. — *Réversibilité de certains précipités métalloprotéiques par action du thiosulfate de sodium. Comportement sérologique du complexe provenant de sérums hémolytiques et de sérums syphilitiques.* Note de M. **Hector Diacono**, transmise par M. Charles Nicolle.

Il est classiquement admis que les substances protéiques sont précipitables par les sels de métaux lourds et que le précipité obtenu, un coagulum, est *irréversible*. Or, faisant agir du bichlorure de mercure (solution à 1 pour 1000), du sulfate de cuivre (solution à 1 pour 1000), du nitrate d'argent (N/10) ou du chlorure d'or et de sodium (solution à 1 pour 100) sur du sérum sanguin, nous nous sommes rendu compte que le précipité obtenu, plus ou moins abondant suivant la nature du métal mis en présence, est parfaitement soluble dans une solution de thiosulfate de sodium (solution à 10 pour 100).

Cette constatation, que nous croyons nouvelle, nous a incité à rechercher si, dans les sérums préparés ou dans les sérums pathologiques, le complexe métalloprotéique, formé par action d'un sel métallique ($HgCl^2$, SO^4Cu), puis dissous par action du thiosulfate, conservait les propriétés biologiques du sérum dont ledit complexe était issu.

Notre étude a porté : 1° sur des sérums hémolytiques; 2° sur des sérums humains provenant de sujets syphilitiques.

I. *Sérums hémolytiques.* — *a. Complexes Hg-protéiques.* — 1^{cm^3} de sérum de cobaye antimouton est traité par 10^{cm^3} de solution de chlorure mercurique à 1 pour 1000 et 5^{cm^3} d'eau distillée. Le précipité obtenu est dissous, après lavage, dans $0^{cm^3},5$ de thiosulfate de sodium à 10 pour 100. Le pouvoir hémolytique du complexe métallo-protéique solubilisé, ainsi obtenu, est déterminé par rapport à l'antisérum qui a servi à sa formation.

Nos titrages nous ont permis de reconnaître que l'anticorps hémolytique est intégralement entraîné dans le complexe Hg-protéique. L'alexine seule est, évidemment, détruite. Cette destruction est autant le fait de l'eau (hydrolabilité normale de l'alexine) que celui du sel de mercure.

b. Complexes Cu-protéiques. — L'antisérum est traité comme ci-dessus, le bichlorure de mercure étant remplacé par du sulfate de cuivre. Dans ce cas particulier, on entraîne 65 pour 100 des anticorps initiaux. En opérant avec une surcharge alexique, on arrive à retrouver 76 pour 100 des anticorps contenus dans l'antisérum.

II. *Sérums syphilitiques.* — Nous avons expérimenté sur 20 sérums (10 sérums de sujets normaux et 10 sérums de sujets syphilitiques). Les sérums ont été traités par le bichlorure de mercure dans les conditions indiquées pour les sérums hémolytiques.

Le temps d'incubation pour la formation du complexe métallo-protéique est de 1 heure, à la température du laboratoire. Le culot de centrifugation dissous dans le thiosulfate fournit une solution de volume égal à celui du sérum examiné. Il est pratiqué, sur ce produit, la réaction de floculation de Kahn suivant le protocole expérimental habituel.

Les résultats obtenus concordent avec ceux que fournissent les sérums correspondants. Une discrimination nette et exacte est faite entre sérums positifs et sérums négatifs.

Les réagines se maintiennent donc apparemment intactes dans le coagulum Hg-protéique obtenu au moyen des sérums provenant de sujets syphilitiques.

MÉDECINE. — *Les courants de d'Arsonval diminuent l'excitabilité neuro-musculaire.* Note (¹) de MM. **L. Delherm** et **H. Fischgold**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Dans ses Communications sur l'action physiologique des courants de HF, M. d'Arsonval avait déjà noté que le nerf moteur, après passage de la HF « était anesthésié au point de ne pouvoir répondre de quelque temps aux autres genres d'excitation ».... « En analysant ce phénomène, je remarquai que les nerfs traversés par ces courants éprouvaient une diminution très notable de leur excitabilité aux courants ordinaires et ne la recouvraient qu'au bout d'un temps assez long ».

Les électrothérapeutes qui ont longuement utilisé l'action analgésique de la HF se sont tenus, en général, aux démonstrations de M. d'Arsonval. Les essais faits pour éclaircir l'action des courants de HF sont, en effet, peu nombreux. Ce n'est que depuis peu de temps que le problème est devenu actuel, à l'occasion des études sur l'action des ondes hertziennes courtes (10—30^{m}).

J. Audiat a en effet étudié l'action des ondes hertziennes sur l'excitabilité électrique des nerfs, en utilisant la préparation nerf-muscle de grenouille; il constate que l'excitabilité du nerf diminue sous l'influence de la HFr. Audiat met donc en évidence « une action antagoniste des effets termiques et véritablement spécifiques des ondes hertziennes » car la chaleur, à elle seule, augmente l'excitabilité neuro-musculaire.

Au cours de nos recherches sur l'électrotonus chez l'homme, nous avons repris les expériences anciennes de M. d'Arsonval ainsi que celles d'Audiat. Dans la plupart des cas, nous sommes arrivés aux mêmes résultats. Nous avons vu que la diathermie et les ondes courtes pendant leur passage ont une action directement antagoniste de celle de la chaleur : l'énergie de HFr diminue l'excitabilité, en augmentant la chronaxie du muscle.

Nous disons, dans la plupart de nos expériences, car dans un certain nombre de nos expériences, surtout sur le muscle sain, nous n'avons trouvé aucun changement de la chronaxie.

Expérience 19 mai. Muscle normal : extenseur commun; électrodes diathermiques

(¹) Séance du 26 novembre 1934.

appliquées sur la face antérieure du poignet et la face postérieure du bras, au-dessus du coude; la chronaxie est mesurée avant, pendant et après le passage du courant diathermique.

Tableau I (Extenseur commun).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Rhéobase....	2,5	–	1,75	–	–	–	–
Chronaxie τ...	$0^\sigma,25$	$0^\sigma,21$	$0^\sigma,96$ (1)	$0^\sigma,63$ (2)	$0^\sigma,77$ (1)	$0^\sigma,20$ (2)	1^σ (1)

31 août. Frontal droit. Paralysie faciale avec RD totale. Irradiation du muscle frontal par ondes courtes ($18\text{-}22^{m}$), en monopolaire.

L'électrode est fixée à une distance de 10^{cm} du front du malade. La chronaxie est mesurée avant, pendant et après le passage des ondes courtes.

Tableau II (frontal).

Heure.....	10^{14}	10^{16}	10^{17}	10^{20}	10^{25}	10^{27}	10^{28}	10^{30}	10^{35}
τ.........	$8^\sigma,5$	$8^\sigma,8$	Oc. mono-polaires	25^σ	22^σ	21^σ	Arrêt des ondes courtes	14^σ	9^σ
				Passage des ondes courtes.					

Les mêmes expériences, pratiquées sur les muscles de la face, non dégénérés, sont restées plusieurs fois négatives. Il y a donc intérêt à faire ces recherches sur les muscles en état de RD, à longue chronaxie.

Nos expériences montrent que, là où le phénomène est mesurable sans trop de causes d'erreur, les *courants diathermiques et le champ hertzien des ondes courtes ont la même action sur l'excitabilité neuro-musculaire chez l'homme*.

Les courants de d'Arsonval pendant leur passage à travers l'organisme diminuent l'excitabilité neuro-musculaire. Cette diminution se traduit par une augmentation de la chronaxie. *L'effet des courants de* HFr *est donc antagoniste de celui de la chaleur*.

Nous nous contentons, pour le moment, de signaler les conséquences thérapeutiques de nos expériences.

a. L'action des courants de d'Arsonval sur le système neuto-musculaire a pour résultat une diminution de l'excitabilité, se traduisant par une augmentation de la chronaxie, pendant le passage de ces courants dans l'organisme.

b. Cette diminution de l'excitabilité est, très probablement, à la base de l'action analgésique de la HFr.

---

(1) Passage de la diathermie 550 mA. (2) Arrêt de la diathermie.

c. Cet *effet électrique* de la HFr est antagoniste de l'effet calorique, qui diminue la chronaxie et augmente l'excitabilité.

L'observation clinique avait d'ailleurs montré, depuis longtemps, l'avantage des doses faibles en diathermie, et l'action aggravante de la chaleur diathermique dans le traitement des névralgies.

d. L'action biologique de la HFr se manifeste dans le même sens, avec les ondes longues et les ondes courtes de HFr.

L'effet électrique de la HFr se révèle comme étant de même nature que l'effet anodique du courant continu. Cette fois encore, l'expérience, qui nous montre l'identité d'action du courant continu anodique et de la HFr, confirme l'observation clinique, les effets calmants du pôle positif étant connus depuis longtemps.

HISTOPATHOLOGIE. — *Hémorragie ombilicale syphilitique et tréponèmes.* Note de M. Y. **Manouélian**, présentée par M. F. Mesnil.

L'hémorragie ombilicale ou l'omphalorragie syphilitique est un syndrome assez rare au cours de l'hérédo-syphilis précoce. Elle se montre parfois chez le nouveau-né avec diverses autres hémorragies et lésions manifestement syphilitiques; parfois, elle ne s'accompagne que d'ictère ; elle peut aussi constituer le seul symptôme d'une hérédo-syphilis précoce.

L'omphalorragie syphilitique se manifeste d'une façon insidieuse. Souvent, on la constate par surprise en démaillotant le nouveau-né ; les langes sont imbibés de sang ; en découvrant l'ombilic, on y trouve un écoulement sanguin tenace, souvent rebelle à tout traitement. L'enfant est pâle, d'une blancheur cireuse, la température tombe à 36°-35°-34° et la mort survient à la suite d'une véritable saignée blanche.

La notion de l'origine de l'hémorragie ombilicale syphilitique n'était cependant que d'ordre clinique. En effet la bactériologie, jusqu'à nos recherches, n'avait pas encore apporté la preuve certaine, indubitable, de la présence du tréponème au niveau des lésions vasculaires perforantes.

L'observation que voici est un exemple d'omphalorragie syphititique avec preuve microbiologique à l'appui.

Mme X..., 20 ans, primipare, grossesse au début du neuvième mois, entre dans le service de M. Brindeau « en dilatation » complète. Femme conformée nornalement ; aucune lésion cutanée ni muqueuse, pas de ganglions épitrochléens. Parents bien portants. Rien à signaler dans ses antécédents. Procréateur : 22 ans, en bonne santé.

Accouchement normal d'une fille vivante pesant 2300g. Délivrance naturelle, placenta de 700g.

Le Wassermann et ses succédanés sont positifs chez la mère. Suites des couches normales. Quant à l'enfant, on ne constate chez lui aucune lésion apparente, ni anomalie. Son poids fléchit à 2115g le deuxième jour, remonte graduellement les jours suivants pour redevenir le dixième jour le même qu'à la naissance. Le dixième jour, l'enfant présente une hémorragie ombilicale. On pose des points de suture, mais en vain; du sang hémolysé s'écoule sans arrêt de la plaie; les pansements avec divers anticoagulants ne réussissent pas non plus, et l'enfant meurt dans la nuit du onzième jour.

A l'autopsie on constate un caillot de sang dans la paroi du cordon au niveau de l'ombilic. Ce caillot, c'est le reliquat de l'hémorragie mortelle. Notons l'hypertrophie du foie dont la consistance semble en outre augmentée. On constate au niveau du bord supérieur de la tête du pancréas une petite masse blanchâtre de la forme et de la dimension d'une lentille.

L'étude de la région ombilicale avec le caillot et les tissus d'alentour nous a révélé des faits intéressants. L'examen systématique des coupes sériées a permis, en effet, de découvrir le point de rupture vasculaire, cause de l'hémorragie. Ce point se trouve à la partie antérieure et droite de la paroi de la veine ombilicale, juste au niveau de la suture du cordon. Notons que la veine est ici très superficielle; dans les autres coupes, elle est séparée de la surface par un gros caillot qu'on peut suivre sur une certaine hauteur. Ce caillot provient du sang épanché dans cette région à la suite de la rupture vasculaire.

Étude microscopique du cordon et de la paroi ombilicale au niveau et dans le voisinage de la rupture vasculaire. — A faible grossissement, on constate autour de la veine une épaisse bande de tissu composé d'éléments chromophiles. Cette bande s'étend en dehors, dans la gélatine de Wharton. En dedans, les cellules chromophiles pénètrent dans les parois de la veine; elles sont tellement confluentes qu'on ne peut distinguer les éléments constituants des parois. En d'autres points, l'infiltration est moins vive; cependant même dans les régions éloignées du point de rupture, la veine ne présente des lésions analogues.

A plus fort grossissement, on reconnaît la nature des éléments chromophiles; ce sont surtout des leucocytes polynucléaires et des macrophages beaucoup plus rares. La polynucléolyse est d'ailleurs très accusée. Il existe des champs où l'on ne trouve aucun leucocyte normal; on ne constate que des débris de noyaux leucocytaires, la plupart retenant encore les colorants nucléaires.

Certains de ces débris se colorent mal ou même ne se colorent pas du tout

Quant aux éléments constituants de la veine, fibres élastiques et musculaires, elles sont souvent profondément altérées et, par places, détruites.

La gélatine de Wharton est aussi le siège d'infiltrats leucocytaires; notons-y la prolifération des cellules fixes et dans certaines régions une vascularisation anormale.

L'imprégnation argentique de la paroi ombilicale ne révèle des tréponèmes que dans le cordon seul, au niveau de la lésion vasculaire et dans la gélatine de Wharton environnante. Les parasites se trouvent en effet dans la paroi de la veine altérée et surtout dans la portion voisine du point de rupture. Les tréponèmes abondent, fourmillent dans ces parages. Ils sont ici aussi nombreux que dans un jeune chancre; on constate en effet de nombreux parasites typiques en voie de prolifération intense. Dans nos préparations, on parcourt des champs où les parasites sont disposés en écheveaux denses. Tout indique qu'il s'agit ici d'un foyer d'infection syphilitique en pleine activité. Il s'agit donc d'une phlébite syphilitique perforante du cordon.

Décrivons les autres lésions. La petite masse du bord supérieur de la tête du pancréas est constituée par du tissu conjonctif riche en fibroblastes contenant des plasmatocytes et surtout des lymphocytes; on y trouve des tréponèmes encore reconnaissables, mais surtout des formes parasitaires anormales. Quant au foie, il est découpé par des traînées d'infiltrats composés de plasmatocytes et de nombreux lymphocytes, infiltrats rayonnant des espaces-portes aux veines sus-hépatiques. Aucun tréponème normal dans cet organe, peut-être quelques débris d'origine parasitaire. Dans les autres viscères, nous n'avons pu déceler non plus aucun tréponème.

En résumé, une femme cliniquement saine accouche d'un enfant d'apparence saine, ne présentant aucune lésion cutanée ni muqueuse et qui, dix jours après la naissance, est pris d'une hémorragie ombilicale mortelle. L'examen du cordon révèle une rupture de la veine avec de graves lésions, et des tréponèmes à ce niveau; la preuve microbiologique dans l'omphalorragie syphilitique est donc faite.

La séance est levée à $16^{h}40^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 décembre 1934.)

Note de MM. *Théodore Ionescu* et *Constantin Mihul*, Sur la structure de la couche ionisée de l'atmosphère (ionosphère) :

Page 1302, ligne 2, *au lieu de*

$$(1) \qquad \varepsilon = 1 - \frac{Ne^2}{\pi mc^2\lambda^2}\left(1 - \frac{\sin 2\pi\frac{\tau}{T}}{2\pi\frac{\tau}{T}}\right), \qquad \sigma = \frac{Ne^2}{4\pi^2 mc^2\lambda^2}\left(1 - \cos 2\pi\frac{\tau}{T}\right),$$

lire

$$(1) \qquad \varepsilon = 1 - \frac{Ne^2\lambda^2}{\pi mc^2}\left(1 - \frac{\sin 2\pi\frac{\tau}{T}}{2\pi\frac{\tau}{T}}\right), \qquad \sigma = \frac{Ne^2\lambda^2}{4\pi^2 mc^2}\left(1 - \cos 2\pi\frac{\tau}{T}\right)\frac{1}{\tau}.$$

Page 1303, dans l'axe des abscisses, *au lieu de* $4 \times 10 \text{ sec}^{-1}$, *lire* $4 \times 10^6 \text{ sec}^{-1}$.

(Séance du 10 décembre 1934.)

Note de M. *Marcel Brillouin*, Les *quanta* de Planck et le champ de force atomique (p. 1345 à 1349) :

Avec les notations prises par mégarde ($h.2\pi:T$ *au lieu de* $h:T$), la valeur numérique qu'il faut mettre pour h dans les formules est $\frac{6,55}{6,28}\cdot 10^{-27} = \mathbf{1{,}043.10^{-27}}$ (fin du paragraphe **4**), ce qui donne pour rayon du domaine $\mathbf{2{,}48.10^{-8}}$ *au lieu de* $6,2.10^{-8}$ (fin du paragraphe **5**).

Note de M. *Edmond Rouelle*, Influence de la charge initiale du condensateur sur les phénomènes transitoires obtenus à l'enclenchement d'un circuit ferro-résonnant :

Page 1386, ligne 9, *au lieu de* en l'absence de v_n, *lire* en l'absence de v_0.

Page 1387, ligne 8, *au lieu de* U_1, *lire* U_i; ligne 1 du paragraphe 3, *au lieu de* Variations du U_1 et courbes $U_1(\tau)$, *lire* Variations de U_i et courbes $U_i(\tau)$.

Note de M. *Sébastien Sabetay*, Sur un procédé rapide de dosage des alcools primaires et secondaires dans les huiles essentielles :

Page 1420, ligne 6 en remontant, *au lieu de* Préparation du catalyseur ([3]), *lire* ([2]).

Page 1421, ligne 3 en remontant, *au lieu de* citronellal gauche, *lire* citronellol auche.

(Séance du 17 décembre 1934.)

Prix Martin-Damourette. — Rapport :

Page 1509, ligne 12, *au lieu de* Le travail de M. Benhamou est une œuvre virginale, *lire* Le travail de M. Benhamou est une œuvre originale.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-DIX-NEUVIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1934.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 199.

1° PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

2° PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

N

O

P

S

U

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
100931-35 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.